

POTENSI MANGROVE (*Rhizophora mucronata*) SEBAGAI TISANE YANG KAYA FENOL DAN ANTIOKSIDAN

Safrina Dyah Hardiningtyas, Sri Purwaningsih, M. Sastra Alam dan Fahri Sinulingga
Departemen Teknologi Hasil Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Institut Pertanian Bogor,
Kampus IPB Darmaga, Jalan Agatis, Bogor 16680 Jawa Barat
E-mail korespondensi: safrina_dyah@apps.ipb.ac.id

ABSTRAK

Rhizophora mucronata (*R. mucronata*) merupakan jenis mangrove yang banyak dijumpai di Indonesia. Daun, buah dan bunga *R. mucronata* diketahui mengandung komponen bioaktif sehingga dapat dimanfaatkan untuk pembuatan *tisane* atau teh herbal. Kandungan fenol dan aktivitas antioksidan *tisane* dari beberapa bagian *R. mucronata* masih belum diketahui. Penelitian ini bertujuan menentukan komponen kimiawi serta aktivitas antioksidan yang terkandung dalam *tisane* daun, bunga dan buah *R. mucronata*. Rancangan yang digunakan pada penelitian ini yaitu rancangan acak lengkap (RAL) dengan perlakuan perbedaan bagian meliputi daun, bunga dan buah dengan tiga kali ulangan. Metode penelitian meliputi karakterisasi komponen kimiawi daun, bunga dan buah, antara lain proksimat, logam berat, dan fitokimia; ekstraksi komponen bioaktif, serta analisis total fenol dan aktivitas antioksidan ekstrak *R. mucronata*. Ketiga bagian tanaman *R. mucronata* dikeringkan dengan menggunakan dehydrator suhu 50 °C, kemudian diekstraksi dengan maserasi menggunakan air panas suhu ±100 °C selama 1 jam untuk memperoleh bioaktif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa daun, bunga dan buah *R. mucronata* memiliki kandungan logam berat dibawah standar SNI teh kering dalam kemasan dan aman untuk dikonsumsi. Ekstrak bunga memiliki aktivitas antioksidan tertinggi 55,21±5,156 mg asam askorbat/g ekstrak dan total fenol tertinggi 2,44±0,354 mg/g. Terdapat korelasi positif antara aktivitas antioksidan dan total fenol. Kandungan senyawa bioaktif pada ekstrak bunga yaitu fenol, saponin, flavonoid, tanin dan triterpenoid.

Kata kunci: aktivitas antioksidan; fitokimia; logam berat; teh herbal; total fenol.

POTENTIAL OF MANGROVE *Rhizophora mucronata* AS TISANE RICH IN PHENOLS AND ANTIOXIDANTS

ABSTRACT

Rhizophora mucronata (*R. mucronata*) is a type of mangrove commonly found in Indonesia. The leaves, fruits, and flowers of *R. mucronata* are known to contain bioactive components, which can be utilized to create tisanes or herbal teas. However, the phenolic content and antioxidant activity of tisanes derived from different parts of *R. mucronata* have yet to be determined. This research aimed to identify the chemical components and antioxidant activity present in tisanes made from the leaves, flowers, and fruits of *R. mucronata*. The research methods involved characterizing the chemical components of the leaves, flowers, and fruits, including proximate, heavy metals, and phytochemical analyses, as well as extracting bioactive components and analyzing the total phenolic content and antioxidant activity of *R. mucronata* extracts. The three parts of the *R. mucronata* plant were dried using a dehydrator at a temperature of 50°C, then extracted by maceration using hot water at a temperature of 100°C for 1 hour to obtain bioactive compounds. The results of the study demonstrated that the flower extract exhibited the highest antioxidant activity at 55.21±5.156 mg ascorbic acid/g extract and the highest total phenolic content at 2.44±0.354 mg/g. There is a positive correlation between antioxidant activity and total phenolic content. The bioactive compounds present in the flower extract include phenols, saponins, flavonoids, tannins, and triterpenoids.

Keywords: antioxidant activity; heavy metals; herbal teas; phytochemical; total phenolic.

PENDAHULUAN

Mangrove merupakan komunitas tumbuhan yang umumnya tumbuh di area pasang surut. Indonesia merupakan negara yang memiliki tutupan hutan mangrove terluas di dunia dengan cakupan sekitar 26-29% dari total tutupan hutan mangrove di dunia (Hamilton dan Casey, 2016). Data yang diperoleh dari Badan Pusat Statistika (2020) menyebutkan bahwa total luas hutan mangrove di Indonesia pada tahun 2019 diperkirakan sekitar 2,9 juta Ha. Mangrove bermanfaat bagi keseimbangan lingkungan dan juga dapat dimanfaatkan bagian tanamannya untuk kebutuhan manusia. Rupidara et al., (2020) menambahkan bahwa masyarakat pesisir memanfaatkan mangrove sebagai kayu bakar, bahan

bangunan, pengusir nyamuk, pengganti sirih, pakan ternak, bahan pangan dan ritual adat dan obat tradisional.

Rhizophora mucronata merupakan salah satu jenis tanaman mangrove yang banyak dijumpai di Indonesia. Ciri morfologi *R. mucronata* yaitu memiliki tinggi tajuk di kisaran 18 – 27 m, bentuk akar tunjang, kulit batang berwarna kelabu sampai hitam dan jumlah bunga dalam setiap tandan pada berkisar antara 7 -11 helai (Idrus et al., 2014). Tanaman ini selain berkembang biak secara alami, juga sudah dapat bisa dibudidayakan dengan metode stek hipokotil (Mulyani et al., 1999). *R. mucronata* memiliki kandungan bioaktif pada bagian buah berupa tanin, saponin, triterpenoid, fenol dan flavonoid (Mile et al., 2021). Berbagai penelitian menunjukkan bahwa *R. mucronata* yang diekstraksi dengan pelarut organik menunjukkan beberapa aktivitas biologis, antara lain: aktivitas antioksidan yang tinggi Ravikumar dan Gnanadesigan (2012), antidiabetes Adhikari et al., (2018), antiinflamasi Chakraborty dan Raola (2017) dan antibakteri (Egra et al., 2019). Hal ini menunjukkan bahwa *R. mucronata* dapat dimanfaatkan untuk mencegah atau mengobati beberapa penyakit, baik infeksius maupun non-infeksius.

Pemanfaatan komponen bioaktif dari *R. mucronata* yang dapat dilakukan oleh masyarakat pesisir adalah dengan menjadikan *R. mucronata* sebagai *tisane* atau dikenal dengan teh herbal. *Tisane* merupakan minuman dari bagian tumbuhan seperti akar, batang, daun dan buah yang diperoleh dengan cara diseduh menggunakan air panas (Yamin et al., 2017). *Tisane* merupakan ekstrak tanaman secara umum diketahui berkontribusi sebagai sumber fenol dan antioksidan yang tinggi (Shahidi, 2000). Antioksidan berperan untuk menangkal radikal bebas sehingga dampak negatif dari radikal bebas tersebut dapat dicegah. Menurut Kumari et al. (2018) radikal bebas memiliki dampak yang negatif seperti stress oksidatif dan kerusakan pada fungsi sel. Lushchak (2014) menambahkan stress oksidatif yang disebabkan oleh radikal bebas merupakan penyebab dari berbagai penyakit degeneratif seperti kardiovaskular, diabetes dan kanker. Namun, potensi kandungan fenol dan aktivitas antioksidan *tisane* dari bagian tumbuhan *R. mucronata*, termasuk daun, buah dan bunga masih belum diketahui. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan menentukan komponen kimiawi, antara lain proksimat, fitokimia, dan total fenol serta aktivitas antioksidan yang terkandung dalam *tisane* yang terbuat dari daun, bunga dan buah *R. mucronata*.

METODE

Alat dan Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah daun, bunga dan buah *R. mucronata* yang diperoleh dari Desa Pejarakan, Kecamatan Gerokgak, Kabupaten Buleleng, Bali. Ekstraksi menggunakan akuades. Analisis proksimat menggunakan akuades, katalis selenium, NaOH 40%, indikator *Brom Cresol Green* 0,1%, *Methyl Red* 0,1%, H₃BO₃ 2%, H₂SO₄ pekat, kertas saring dan HCl 0.1 N. Bahan untuk pengujian senyawa fitokimia meliputi H₂SO₄ 2 N, pereaksi Wagner, pereaksi Meyer, pereaksi Dragendorff, larutan FeCl₃ 1%, CHCl₃, larutan anhidra asam asetat, larutan H₂SO₄, serbuk Mg, larutan amil alkohol, HCl 2 N, etanol, dan larutan FeCl₃ 5%. Bahan untuk analisis logam berat adalah HNO₃ 0,1 M, HCl 6M, NH₄H₂PO₄ 40 mg/mL, NaOH 0,005%, NaBH₄ 0,02%, HCl 37%, HNO₃ 65% dan H₂SO₄ 96%. Bahan untuk analisis antioksidan ferric reducing antioxidant power (FRAP) adalah akuades, etanol, dapar fosfat (1 mL 0,2 M, pH 6,6), kalium ferrisianida 1%, asam trikloroasetat dan FeCl₃ 0,1%. Alat yang digunakan meliputi blender, pisau, gunting, talenan, *dehydrator*, timbangan analitik, labu erlenmeyer, orbital *shaker*, *aluminium foil*, desikator, tabung Kjeldahl, tabung *sokhlet*, spektrofotometer, tanur, dan mikro pipet.

Preparasi Bahan Baku

Preparasi bahan baku diawali dengan pengumpulan daun, bunga, dan buah *R. mucronata*. Daun, bunga, dan buah yang telah dikumpulkan dibersihkan dan dipotong dengan pisau dan gunting menjadi bagian kecil. Daun, bunga, dan buah yang dipotong menjadi bagian kecil dikeringkan dengan *dehydrator* pada suhu 50°C hingga kadar air berada di kisaran 10%. Sampel kemudian dihaluskan dengan menggunakan blender hingga menjadi serbuk dan dilakukan analisis proksimat (AOAC 2005) dan kandungan logam berat (BSN 2011).

Ekstraksi Simplisia *Rhizophora mucronata*

Simplisia daun, bunga dan buah *R. mucronata* diekstraksi dengan menggunakan air panas. Metode tersebut adalah metode yang umum digunakan untuk menyiapkan teh herbal (*tisane*). Ekstraksi

dengan air panas (penyeduhan) dilakukan untuk memisahkan senyawa bioaktif yang terkandung dalam simplisia *R. mucronata* (Fajar et al., 2018) Serbuk daun, bunga dan buah masing-masing diseduh dengan air mendidih (100°C) dan didiamkan selama 60 menit. Seduhan teh disaring untuk memisahkan antara residu simplisia dan filtrat. Filtrat kemudian dievaporasi menggunakan *vacuum evaporator* pada suhu 37°C untuk mendapatkan pasta ekstrak kasar.

Karakterisasi Ekstrak Seduhan *Rhizophora mucronata*

Hasil ekstraksi kemudian dilakukan karakterisasi. Karakterisasi seduhan etanol daun, bunga dan buah *R. mucronata* meliputi analisis fitokimia, total fenol, antioksidan dan kandungan logam berat. Analisis fitokimia yang meliputi pengujian senyawa golongan alkaloid, flavonoid, phenol hidrokuinon, steroid/triterpenoid, tanin dan saponin. Analisis antioksidan yang digunakan meliputi pengujian dengan metode *Ferric Reducing Antioxidant Power* (FRAP) (Jaishee dan Chakraborty 2014). Analisis total fenol menggunakan metode Folin-Ciocalteu (Swain dan Hillis 1959).

Prosedur Penelitian

Analisis Proksimat Bahan Baku (AOAC 2005)

Analisis proksimat suatu bahan baku perlu dilakukan pengujian untuk memperoleh informasi kandungan kimia bahan baku tersebut. Analisis komposisi kimia yang dilakukan meliputi kandungan kadar air, kadar abu, kadar lemak, kadar protein dan kadar karbohidrat.

(a) Analisis Kadar Air

Uji kadar air dilakukan untuk mengetahui kandungan air yang terdapat pada serbuk kering buah dan daun. Cawan porselen dikeringkan dalam oven pada suhu 105 °C selama 15 menit. Kemudian cawan diletakkan ke dalam desikator selama 30 menit sehingga diperoleh berat konstan. Sampel sebanyak 5 g ditimbang dalam cawan, lalu dimasukkan ke dalam oven dengan suhu 102-105 °C selama 6 jam. Cawan tersebut dimasukkan ke dalam desikator dan dibiarkan di suhu ruang kemudian ditimbang. Perhitungan kadar air dihitung dengan rumus:

$$\text{Kadar air (\%)} = \frac{B - C}{B - A} \times 100\%$$

Keterangan:

- A = Berat cawan porselen kosong (g)
- B = Berat cawan porselen dengan sampel (g)
- C = Berat cawan porselen dengan sampel setelah dikeringkan (g)

(b) Analisis Kadar Abu

Analisis kadar abu dilakukan untuk mengetahui kandungan abu yang terdapat pada serbuk kering buah dan daun. Cawan porselen dibersihkan dan dikeringkan dalam oven bersuhu sekitar 105 °C selama 30 menit. Cawan porselen dimasukkan ke dalam desikator kemudian ditimbang. Sampel ditimbang sebanyak 5 g, kemudian dimasukkan ke dalam cawan porselen. Sampel kemudian dibakar di atas kompor listrik sampai tidak berasap dan dimasukkan ke dalam tanur pengabuan dengan suhu 600 °C selama 6 jam. Cawan dimasukkan ke dalam desikator sampai suhu ruang kemudian ditimbang. Perhitungan kadar abu dihitung dengan rumus:

$$\text{Kadar abu (\%)} = \frac{C - A}{B - A} \times 100\%$$

Keterangan:

- A = Berat cawan porselen kosong (g)
- B = Berat cawan porselen dengan sampel (g)
- C = Berat cawan porselen dengan sampel setelah dikeringkan (g)

(c) Analisis Kadar Protein

Analisis kadar protein dilakukan untuk mengetahui kandungan protein kasar yang terdapat pada serbuk kering buah dan daun. Sampel ditimbang seberat 1 g, kemudian dimasukkan ke dalam labu

Kjeldahl. Setengah tablet kjeldahl atau selenium dimasukkan ke dalam labu Kjeldahl dan ditambahkan 10 mL H₂SO₄. Tabung yang berisi larutan tersebut dimasukkan ke dalam alat pemanas dengan suhu 410°C. Proses destruksi dilakukan sampai larutan menjadi hijau bening. Sampel yang telah didestruksi dilarutkan ke dalam labu takar 100 mL menggunakan akuades. sampel dimasukkan ke dalam alat destilasi dan ditambah larutan NaOH 40% sebanyak 10 mL. Hasil destilasi kemudian ditampung dalam labu erlenmeyer yang berisi campuran 10 mL H₃BO₃ 2% dan 2 tetes indikator *Brom Cresol Green-Methyl Red*. Destilasi dilakukan sampai terjadi perubahan warna dari merah muda menjadi biru. Tahap titrasi dilakukan dengan menggunakan HCL 0.1 N hingga berwarna merah muda. Perlakuan yang sama dilakukan juga terhadap blanko. Berdasarkan metode ini, diperoleh kadar nitrogen total yang dihitung dengan rumus:

$$\text{Kadar protein (\%)} = \frac{(\text{mL HCl} - \text{mL Blanko}) \times \text{N HCl} \times 14,01 \times 6,25 \times \text{FP}}{\text{mg sampel}} \times 100\%$$

Keterangan:

FP = Faktor pengenceran

(d) Analisis Kadar Lemak

Sampel seberat 5 g dimasukkan ke dalam kertas saring dan dimasukkan ke dalam selongsong lemak, kemudian dimasukkan ke dalam soxhlet. Labu lemak yang sudah ditimbang berat kemudian disambungkan dengan soxhlet. Selongsong lemak dimasukkan ke dalam soxhlet dan disiram dengan pelarut heksana. Tabung ekstraksi dipasang pada alat destilasi soxhlet lalu dipanaskan pada suhu 80 °C selama 6 jam. Pelarut lemak dalam labu lemak didestilasi hingga semua pelarut lemak menguap. Labu lemak dikeringkan dalam oven pada suhu 105 °C selama 15 menit, kemudian didinginkan dalam desikator sampai beratnya konstan. Perhitungan kadar lemak dihitung dengan rumus:

$$\text{Kadar lemak (\%)} = \frac{W3 - W2}{W1} \times 100\%$$

Keterangan:

W1 = Berat sampel (g)

W2 = Berat labu lemak tanpa lemak (g)

W3 = Berat labu lemak dengan lemak (g)

(e) Analisis Kadar Karbohidrat *by Difference*

Kadar karbohidrat ditentukan dengan metode *carbohydrate by difference*, yaitu hasil pengurangan dari 100% dengan kadar air, abu, protein, dan lemak sehingga kadar karbohidrat tergantung pada faktor pengurangan. Perhitungan kadar karbohidrat dihitung dengan rumus:

$$\text{Kadar karbohidrat (\%)} = 100\% - (\text{kadar air} + \text{abu} + \text{protein} + \text{lemak})$$

Analisis Aktivitas Air Serbuk Teh Herbal (Sinulingga et al., 2024)

Aktivitas air pada suatu bahan dapat dianalisis menggunakan alat aw meter. Sebanyak 1 g sampel diletakkan dalam wadah alat aw meter yang telah dikalibrasi, tombol start ditekan dan ditunggu terbaca “completed” pada layer, sehingga nilai aw pada sampel dapat dibaca dan terukur.

Analisis Logam Berat (BSN 2011)

Analisis kandungan logam berat pada sampel dilakukan menggunakan metode *atomic absorption spectrophotometry* (AAS). Sebanyak 0,5 g sampel didestruksi dengan cara pengabuan basah (*wet ashing*) menggunakan larutan asam kuat antara lain HNO₃ 65%, H₂SO₄ 96% dan HCl 37%. Kontrol positif 0,1 mg/kg dari larutan standar Pb dan Cd dibuat dengan menambahkan 0,2 mL ke dalam contoh kemudian di vortex. Kontrol positif Hg 0,5 mg/kg dibuat dengan menambahkan 0,5 mL larutan standar Hg ke dalam contoh kemudian di vortex. Kemudian ditambahkan 5 mL-10 mL HNO₃ 65% dan 2 mL H₂O₂ lalu didestruksi. Hasil destruksi kemudian diukur konsentrasi logam beratnya Pb (283,3 nm), Hg (235,7 nm), dan Cd (228,8 nm). Hasil pengujian logam berat selanjutnya dianalisis secara deskriptif dan

dibandingkan berdasarkan standar SNI 3836:2013. Perhitungan konsentrasi logam berat dihitung menggunakan rumus:

$$\text{Konsentrasi logam (x)} = \frac{(D-E) \times F_p \times V}{W}$$

Keterangan:

- D = konsentrasi contoh hasil pembacaan AAS ($\mu\text{g.L}$)
E = konsentrasi blanko contoh dari hasil pembacaan AAS ($\mu\text{g.L}$)
Fp = faktor pengenceran
V = volume akhir larutan contoh yang disiapkan (L)
W = berat sampel (g)

Analisis Fitokimia (Harborne 1987)

Analisis fitokimia dilakukan untuk mengetahui senyawa bioaktif yang terkandung dalam ekstrak daun, bunga dan buah *R. mucronata*. Analisis fitokimia yang dilakukan meliputi pengujian senyawa golongan alkaloid, flavonoid, phenol hidrokuinon, steroid/triterpenoid, tanin dan saponin dilakukan secara metode kualitatif.

(a) Uji Alkaloid

Ekstrak seberat 0,05 g dilarutkan menggunakan H_2SO_4 2M. Larutan yang didapat kemudian diteteskan pada lempeng tetes dan ditambahkan pereaksi Mayer, Wagner, dan Dragendrof. Hasil positif uji alkaloid ditunjukkan dengan terbentuknya endapan putih pada pereaksi Meyer, endapan coklat pada pereaksi Wagner, dan endapan merah hingga jingga pada pereaksi Dragendorf.

(b) Uji Flavonoid

Ekstrak seberat 0,05 g ditambah 0,1 mg serbuk magnesium dan 0,4 mL amil alkohol (campuran asam klorida 37% dan etanol 95% dengan volume yang sama) serta 4 mL alkohol. Campuran kemudian dikocok beberapa saat, lalu diamati perubahan warnanya. Hasil positif uji flavonoid ditunjukkan dengan terbentuknya warna merah, kuning dan jingga pada lapisan amil alkohol.

(c) Uji Fenol hidrokuinon

Ekstrak seberat 0,1 g dilarutkan dengan etanol 70% sebanyak 2 mL. Larutan kemudian disaring sehingga diperoleh residu dan filtrat. Filtrat ditetesi menggunakan FeCl_3 5% sebanyak 2 tetes. Hasil positif uji fenol hidrokuinon ditunjukkan dengan terbentuknya warna hijau atau hijau biru.

(d) Uji Steroid/Triterpenoid

Ekstrak seberat 0,05 g ditambah dengan 2 mL kloroform. Sampel tersebut selanjutnya ditetesi dengan anhidrida asam asetat sebanyak 5 tetes, lalu ditetesi dengan H_2SO_4 pekat sebanyak 3 tetes. Hasil uji steroid positif bila warna larutan berubah menjadi biru atau hijau, sedangkan hasil uji triterpenoid positif bila terbentuk warna merah kecokelatan pada lapisan permukaan sampel.

(e) Uji Tanin

Ekstrak seberat 0,05 g dilarutkan dalam 5 mL akuades dan dihomogenisasi. Campuran dalam tabung dipanaskan 100°C selama 5 menit, kemudian disaring dan filtrat ditambahkan 5 tetes FeCl_3 1%. Hasil positif uji tanin ditunjukkan terbentuknya warna biru tua, hijau, hingga hitam.

(f) Uji Saponin

Ekstrak seberat 0,05 g ditambahkan akuades sebanyak 2 mL lalu dimasukkan ke dalam gelas piala yang berisi 50 mL air panas dan didihkan selama 5 menit. Filtrat dimasukkan ke dalam tabung reaksi tertutup kemudian dikocok selama 10 detik, dibiarkan selama 10 menit ditambahkan HCl 2N sebanyak 0,1 mL. Hasil uji saponin ditunjukkan dengan terbentuknya buih atau busa yang stabil.

Analisis Total Fenol (Swain and Hillis 1959)

Ekstrak sebanyak 0,1 g dilarutkan kedalam 10 mL akuades lalu di-vortex kemudian disaring. Sebanyak 0,1 mL ekstrak dilarutkan dalam etanol 99,9%, ditambahkan 5 mL akuades, 0,5 mL Follin-Ciocalteu 50% dihomogenkan dan didiamkan selama 5 menit, kemudian ditambahkan 1 mL Na_2CO_3 5% dan didiamkan pada kondisi gelap selama kurang lebih 60 menit. Serapan diukur menggunakan

spektrofotometer UV-VIS dengan panjang gelombang 725 nm. Nilai absorbansi kemudian dikonversi ke dalam total fenol yang dinyatakan dalam mg GAE/g berat sampel. Standar yang digunakan pada analisis kadar total fenol adalah asam galat. Perhitungan kadar total fenol dapat dihitung dengan rumus:

$$\text{TPC} = \frac{C.V.Fp}{g}$$

Keterangan:

- C = Konsentrasi fenolik (nilai x)
- V = Volume ekstrak yang digunakan (mL)
- Fp = Faktor pengenceran
- g = Berat sampel yang digunakan (g)

Analisis Antioksidan FRAP (Jaishee dan Chakraborty 2014)

Aktivitas antioksidan diuji dengan menggunakan metode FRAP (*Ferric Reducing Antioxidant Power*) yang didasarkan pada metode yang dilakukan oleh Oyaizu (1986) dengan sedikit modifikasi. Pengujian antioksidan dengan metode FRAP diawali dengan pembuatan larutan sampel. Sampel dilarutkan ke dalam etanol dengan perbandingan 1:1 lalu kemudian dilakukan pengenceran sebanyak dua kali (1mL larutan/10 mL etanol). 1 mL larutan yang telah diencerkan kemudian dicampur dengan dapar fosfat (1mL 0,2 M, pH 6,6) dan 1 mL kalium ferrisianida 1%. Campuran diinkubasi pada suhu 50°C selama 20 menit. Setelah diinkubasi 1 mL asam trikloroasetat ditambahkan ke dalam campuran dan dihomogenkan selama 10 menit. Larutan yang telah dihomogenkan selanjutnya disentrifugasi pada 3000 rpm selama 10 menit. Sebanyak 1 mL lapisan atas dari larutan tersebut ditambah dengan 1 mL air akuades dan 0,5 mL FeCl₃ 0,1%. Larutan dibiarkan selama 10 menit dan dilakukan pengukuran absorbansi. Absorbansi diukur pada λ maksimal 757 nm dengan spektrofotometer. Vitamin C digunakan sebagai kontrol positif. Nilai aktivitas antioksidan FRAP dinyatakan dalam mg ekuivalen asam askorbat/gram ekstrak.

Rancangan Percobaan

Rancangan percobaan yang digunakan dalam penelitian adalah rancangan acak lengkap (RAL) kuantitatif, meliputi: komposisi kimia, total fenol dan antioksidan pada sampel *R. mucronata* (daun, bunga, buah). Model rancangan percobaan yang menggunakan model Steel dan Torrie (1991). Uji lanjut pengujian menggunakan uji lanjut Duncan. Data karakteristik bahan baku *R. Mucronata*, logam berat dan kandungan fitokimia dianalisis secara kualitatif. Model rancangan percobaan yang digunakan sebagai berikut:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \epsilon_{ij}$$

Keterangan:

- Y_{ij} = Pengamatan perlakuan perbedaan jenis sampel ke-i dan ulangan ke-j
- μ = Rataan umum
- τ_i = Pengaruh perlakuan perbedaan jenis sampel ke-i
- ϵ_{ij} = Galat pengamatan perlakuan perbedaan sampel ke- i dengan ulangan ke-j
- i = Perlakuan yang digunakan (daun, bunga dan buah)
- j = 1, 2, 3

Jika hasil dari pengujian menunjukkan adanya pengaruh yang berbeda nyata pada selang 95% ($\alpha = 0,05$), maka dilakukan uji lanjut Duncan. Rumus uji Duncan adalah:

$$\text{Duncan} = t_{\alpha/2} ; d_{bs} \sqrt{\frac{2KTS}{r}}$$

Keterangan:

- D_{bs} = Derajat bebas sisa
- KTS = Kuadrat tengah sisa
- R = Banyaknya ulangan

Hipotesis uji perbedaan taraf (daun, bunga dan buah *R. mucronata*) terhadap respon (aktivitas antioksidan) yang diajukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

H0: Perbedaan jenis bahan baku ekstrak *R. mucronata* tidak berpengaruh nyata terhadap nilai total fenol dan aktivitas antioksidan

H1: Perbedaan jenis bahan baku ekstrak *R. mucronata* berpengaruh nyata terhadap nilai total fenol dan aktivitas antioksidan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Bahan Baku Mangrove *Rhizophora mucronata*

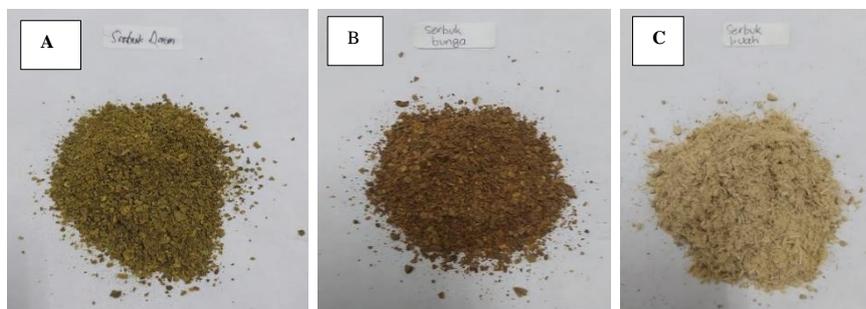
Sampel yang digunakan pada penelitian ini tergolong ke dalam spesies *R. mucronata*. Sampel diambil dari Desa Pejarakan, Kecamatan Gerokgak, Kabupaten Buleleng, Bali. Kenampakan visual daun, bunga dan buah segar dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Kenampakan bahan baku *R. mucronata* basah : A Daun, B Bunga, dan C Buah

Sampel daun *R. mucronata* yang didapatkan memiliki warna hijau dan berbentuk lonjong meruncing serta permukaan daun yang mulus. Panjang rata-rata daun, buah dan bunga yang didapatkan meliputi $9,7 \pm 0,35$ cm, $1,7 \pm 0,35$ cm dan $36,3 \pm 1,68$ cm. Berdasarkan pengamatan Duke dan Bunt (1979) panjang daun, buah dan bunga *R. mucronata* yang didapatkan berkisar antara 10-15 cm, 1,2-1,8 cm dan 59 cm. Perbedaan antara data yang didapatkan melalui pengamatan dan literatur disebabkan sampel yang digunakan merupakan daun, buah dan buah yang masih tergolong muda. Hasil penelitian menunjukkan kadar air daun $67,87 \pm 0,202\%$, bunga $66,99 \pm 0,290\%$ dan buah $51,81 \pm 0,065\%$. Kadar air bahan baku segar yang diuji pada penelitian ini berbeda dengan literatur yang mana daun $34,91 \pm 0,41\%$ (Kaur et al., 2019) dan $16,6\%$ (Ridlo et al., 2017). Kadar air pada buah yaitu $61,06\%$ (Podungge et al., 2015), $52,38\%$ (Mile et al., 2021) dan $46,12\%$ (Sulistiyati dan Puspitasari 2015). Adanya variasi kadar air diduga berkaitan dengan lokasi dan musim pengambilan sampel. Pengambilan sampel penelitian ini dilakukan saat musim penghujan yaitu di minggu ketiga bulan September. Tingginya curah hujan (September-Desember) sangat berpengaruh terhadap kelembaban (Ulqodry et al., 2010), sehingga diduga hal inilah yang mengakibatkan tingginya kadar air sampel *R. mucronata* pada penelitian ini.

Bahan baku daun, bunga dan buah kering memiliki kenampakan yang disajikan pada Gambar 2. Warna cokelat yang dominan pada daun, bunga dan buah kering diduga berasal dari senyawa tanin. Penelitian yang dilakukan oleh Pringgenies et al. (2018) menunjukkan bahwa kandungan asam tanat atau tanin umum ditemukan pada daun, bunga dan buah serta dapat digunakan sebagai pewarna alami.



Gambar 2 Kenampakan bahan baku *R. mucronata* serbuk kering: A)daun, B) bunga dan C) buah

Komposisi Kimia Tisane Mangrove *Rhizophora mucronata* Kering

Komposisi kimia suatu bahan baku perlu dilakukan pengujian untuk memperoleh informasi kandungan gizi bahan baku tersebut. Analisis komposisi kimia yang dilakukan melalui uji proksimat

yang meliputi kadar air, kadar abu, kadar lemak, kadar protein dan kadar karbohidrat. Hasil analisis proksimat bahan baku kering *R. mucronata* dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Komposisi kimia bahan baku segar *R. mucronata*

Parameter	Daun	Bunga	Buah
Proksimat (%b/b)	(basis basah)	(basis basah)	(basis basah)
Kadar air	9,03±0,138 ^b	11,38±0,076 ^c	8,61±0,056 ^a
Kadar abu	10,90±0,015 ^c	6,83±0,087 ^b	2,43±0,066 ^a
Kadar protein	5,61±0,080 ^c	3,51±0,126 ^b	2,29±0,031 ^a
Kadar lemak	4,74±0,030 ^b	6,57±0,012 ^c	2,41±0,112 ^a
Kadar karbohidrat	69,72±0,263 ^a	71,71±0,049 ^b	84,26±0,049 ^c

Tabel 1 menunjukkan komposisi kimia serbuk daun, bunga dan buah *R. mucronata*. Hasil penelitian menunjukkan kadar air serbuk daun, bunga dan buah memiliki kadar air di atas 8%. Menurut SNI 3836:2013 kadar air maksimal pada teh kering dalam kemasan yang diperbolehkan 8%. Kadar air yang rendah dapat memperpanjang masa penyimpanan (Sinulingga et al., 2024). Kadar air pada bahan baku kering dipengaruhi oleh jenis bahan baku dan proses pengeringan (Jumsurizal et al., 2021). Syafrida et al. (2018) menyatakan bahwa daun merupakan organ yang memiliki ketebalan yang tipis sehingga mempermudah terjadinya kehilangan air pada proses pengeringan. Ayu et al. (2019) menambahkan bahwa suhu dan waktu yang digunakan pada proses pengeringan mempengaruhi kadar air bahan baku kering. Semakin lama waktu dan semakin tinggi suhu yang digunakan maka kadar air bahan baku kering akan semakin rendah.

Kadar abu menunjukkan komponen anorganik atau mineral yang terkandung dalam bahan. Hasil penelitian menunjukkan kadar abu serbuk daun lebih tinggi dibandingkan serbuk bunga dan buah. Kadar abu serbuk daun dan buah yang diteliti memiliki perbedaan dibandingkan dengan literatur. Kadar abu daun pada penelitian Kaur et al. (2019) sebesar 1,81±0,13%. Kadar abu buah pada penelitian Hardoko et al. (2015) yaitu 1,27%. Kadar abu pada daun lebih tinggi dari batas maksimum yang dipersyaratkan oleh SNI 3836:2013 yaitu 8%. Kadar abu yang tinggi pada daun mencerminkan adaptasi mangrove terhadap tingginya salinitas lingkungan (Sinulingga et al., 2015). Pada umumnya terdapat dua jenis mekanisme adaptasi mangrove terhadap tingginya salinitas, yaitu *secreter* dan *non-secreter*. Hendriati dan Hendrasarie (2013) menjelaskan bahwa mangrove *secreter* seperti *Avicenna* sp. memiliki kelenjar garam yang memiliki fungsi untuk menyekresikan kelebihan garam dari mesofil daun ke permukaan daun. Samiyarsih et al. (2016) menjelaskan bahwa mangrove *non-secreter* seperti *Rhizophora* sp. tidak memiliki kelenjar garam dan menyimpan kelebihan garam pada jaringan daun. Clough dan Attiwill (1982) menambahkan kelebihan garam pada jaringan tersebut dibuang melalui proses pengguguran. Kandungan mineral juga ditentukan kesuburan tanah, genetika tanaman, dan perbedaan habitat atau lingkungan hidup. Nasruddin et al. (2016) menyatakan semakin tinggi kandungan mineral pada bahan maka kadar abu akan semakin meningkat.

Kadar protein serbuk daun lebih tinggi dibandingkan serbuk bunga dan buah. Kadar protein serbuk daun pada penelitian ini lebih tinggi dibandingkan dengan penelitian Kaur et al. (2019) yaitu 1,32±0,35%. Daun memiliki kadar protein yang tinggi dibanding bunga dan buah karena di daun terjadi proses fotosintesis yang membutuhkan banyak jaringan serta organ yang bekerja. Protein merupakan polimer yang terusun dari asam amino. Penelitian Hinokidani et al. (2020) menunjukkan bahwa GABA (*gamma-aminobutyric acid*) merupakan asam amino yang banyak terdapat pada beberapa spesies mangrove termasuk genus *Rhizophora*. GABA dibentuk pada daun tumbuhan mangrove untuk mengatasi stress lingkungan akibat tingkat salinitas yang tinggi pada habitat mangrove.

Kadar lemak serbuk buah lebih rendah dibandingkan serbuk daun dan bunga. Tumbuhan umumnya memiliki kadar lemak yang rendah. Handayani et al. (2004) menyatakan kadar lemak yang rendah pada tumbuhan disebabkan penyimpanan cadangan makanan pada tumbuhan dalam bentuk karbohidrat terutama polisakarida. Lemak yang terdapat pada tumbuhan pada umumnya merupakan asam lemak tidak jenuh.

Kadar karbohidrat serbuk daun, bunga dan buah lebih tinggi dibandingkan dengan kadar air, abu, lemak dan protein. Kadar karbohidrat pada serbuk buah lebih tinggi dibandingkan serbuk daun dan bunga. Hal ini disebabkan tumbuhan menyimpan kelebihan energi pada bagian buah dalam bentuk karbohidrat. Kadar karbohidrat pada serbuk buah tidak jauh berbeda dengan literatur. Penelitian Hardoko et al. (2015) menunjukkan bahwa kadar karbohidrat pada tepung buah *R. mucronata* sebesar 90,67%. Kadar karbohidrat yang tinggi disebabkan oleh kandungan kadar air, abu, lemak dan protein

yang terdapat pada bahan, sehingga berdampak pada kandungan karbohidrat yang lebih tinggi ketika dihitung secara *by difference*.

Aktivitas air (a_w) merupakan perbandingan atau rasio antara tekanan uap air pada bahan pangan dengan tekanan uap air murni pada suhu yang sama. Aktivitas air merupakan faktor yang penting untuk mengukur masa simpan suatu produk. Semakin tinggi a_w suatu produk, mikroorganisme akan semakin mudah untuk berkembang biak. Nilai a_w pada serbuk daun, bunga dan buah kering setelah pengukuran adalah $0,51 \pm 0,011$, $0,58 \pm 0,009$, dan $0,47 \pm 0,004$. Sampel daun, bunga dan buah memiliki a_w yang rendah dibandingkan dengan batas a_w minimum yang diperbolehkan di literatur. Menurut Beuchat (1983) aktivitas air minimal yang memungkinkan untuk tumbuh kembangnya mikroba adalah 0,6-0,7 untuk kapang dan 0,9 untuk bakteri.

Kandungan Logam Berat Tisane Mangrove *Rhizophora mucronata* Kering

Logam berat merupakan salah satu indikator yang krusial dalam analisis bahan pangan. Logam berat dapat ditemukan secara alami ataupun ditemukan di limbah dari kawasan industri, pemukiman dan pertambangan. Menurut Nurfadhilla et al. (2020) logam berat seperti timbal (Pb), merkuri (Hg), arsenik (As) dan kadmium (Cd) merupakan elemen mikro non-esensial yang tidak mempunyai fungsi sama sekali dalam tubuh dan dapat menyebabkan keracunan (toksik) pada manusia. Analisis kadar logam berat Pb, Cd dan As menggunakan metode AOAC (2012):999.11 dan analisis logam berat Hg menggunakan metode AOAC (2012):971.21. Hasil analisis logam berat pada daun, bunga dan buah *R. mucronata* kering dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Kadar logam berat *R. mucronata* kering

Parameter	Daun	Bunga	Buah	SNI 3836:2013
Logam berat Pb (mg/kg)	<0,1	<0,1	<0,1	maks. 2,0
Logam berat Cd (mg/kg)	<0,02	<0,02	<0,02	maks. 0,2
Logam berat Hg (mg/kg)	<0,001	<0,001	<0,001	maks. 0,03
Logam berat As (mg/kg)	<0,001	<0,001	<0,001	maks. 1,0

Tabel 2 menunjukkan kadar logam berat masing-masing daun, bunga dan buah *R. mucronata*. Hasil penelitian menunjukkan kadar logam berat Pb pada daun, bunga dan buah di bawah 0,1 mg/kg, kadar Cd di bawah 0,02 mg/kg, kadar Hg di bawah 0,001 dan kadar As di bawah 0,001 mg/kg. Menurut SNI 3836:2013 kadar logam berat Pb, Cd, Hg dan As maksimal pada teh kering dalam kemasan yang diperbolehkan adalah 2,0; 0,2; 0,03 dan 1,0. Kadar logam berat pada mangrove mengindikasikan adanya pencemaran pada kawasan tersebut. Kadar logam berat yang rendah diduga karena sampel *R. mucronata* yang digunakan berasal dari area yang jauh dari lokasi industri dan pemukiman padat penduduk sehingga mangrove ini aman untuk dikonsumsi.

Fitokimia Ekstrak Kering Tisane Mangrove *Rhizophora mucronata*

Senyawa fitokimia yang terdapat pada tumbuhan umumnya merupakan senyawa aktif. Kandungan senyawa aktif yang umum ditemukan pada tumbuhan adalah kelompok senyawa alkaloid, fenol, flavonoid, tanin, saponin, steroid dan triterpenoid. Analisis fitokimia merupakan *screening* awal dalam penentuan kandungan bioaktif pada tumbuhan. Analisis fitokimia yang dilakukan bersifat kualitatif. Parameter acuan yang digunakan adalah perubahan warna setelah penambahan reaktan. Hasil analisis fitokimia ekstrak daun, bunga dan buah *R. mucronata* dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 Fitokimia ekstrak daun, bunga dan buah *R. mucronata*

Parameter Fitokimia	Daun	Bunga	Buah
Alkaloid			
a. Mayer	-	-	-
b. Wegner	-	-	-
c. Dragendorff	-	-	-
Fenol	+	+	+
Flavonoid	+	+	+
Tanin	+	+	+
Saponin	-	+	+
Steroid	+	-	-
Triterpenoid	-	+	+

Berdasarkan Tabel 3 menunjukkan ada perbedaan senyawa bioaktif pada bagian *R. mucronata* yang berbeda. Golongan senyawa saponin dan triterpenoid hanya terdeteksi pada bunga dan buah namun tidak terdeteksi pada daun. Golongan senyawa bioaktif tersebut diduga memiliki peranan sebagai antioksidan selain fenol hidrokuinon dan flavonoid (Dotulong et al., 2018).

Saponin merupakan glikosida aktif-permukaan alami dengan karakteristik busa yang unik. Menurut Nurzaman et al. (2018) saponin dapat menimbulkan buih setelah dikocok dikarenakan memiliki kemampuan untuk menurunkan tegangan air. Saponin menghambat mediator inflamasi seperti pembentukan *reactive oxygen species* (ROS) dan berperan sebagai antioksidan. Saponin menurut Harborne (1987) juga berperan sebagai antibakteri dengan cara melisiskan dinding sel. Senyawa saponin terdeteksi pada ekstrak buah dan bunga akan tetapi tidak terdeteksi pada ekstrak daun. Hal ini tidak jauh berbeda dengan penelitian Nurdiani et al. (2012) yang menunjukkan bahwa senyawa saponin terdeteksi kuat pada ekstrak bunga dan buah, dan terdeteksi lemah pada ekstrak daun. Penelitian Babuselvam et al. (2012) juga menunjukkan bahwa saponin terdeteksi lemah baik pada ekstrak daun segar maupun ekstrak daun kering.

Triterpenoid merupakan senyawa yang dapat dideteksi dengan adanya perubahan warna menjadi merah kecoklatan pada larutan reaksi. Menurut Kulshreshtha et al. (1972) triterpenoid merujuk pada senyawa sekunder turunan terpenoid yang terdiri dari tiga puluh atom karbon dan tersusun dari enam unit isoprena. Beberapa penelitian menunjukkan triterpenoid memiliki aktivitas antioksidan (Cai et al., 2019) dan antibakteri (Nzogong et al., 2018). Triterpenoid terdeteksi pada ekstrak bunga dan buah namun tidak terdeteksi pada ekstrak daun. Hal ini tidak jauh berbeda dari penelitian Saragih et al. (2020) yang menunjukkan bahwa triterpenoid tidak terdeteksi pada ekstrak daun. Penelitian lain yang dilakukan oleh Nurdiani et al. (2012) menunjukkan bahwa senyawa triterpenoid terdeteksi kuat pada ekstrak daun, dan terdeteksi lemah pada ekstrak bunga dan buah.

Fenol merupakan kelompok senyawa yang termasuk ke dalam senyawa metabolit sekunder pada tumbuhan. Menurut Perez et al. (2016) fenol memiliki ciri khas yaitu terdapat setidaknya satu cincin aromatik yang terhubung dengan gugus hidroksil (-OH) pada struktur senyawanya. Senyawa fenol memiliki kemampuan sebagai antioksidan yang baik. Hal tersebut menurut Mahardika dan Roanisca (2018) dikarenakan kemampuan senyawa fenol untuk mendonorkan hidrogen radikal. Senyawa fenol terdeteksi pada ekstrak daun, bunga dan buah pada penelitian ini. Hal ini sesuai dengan penelitian Nurdiani et al. (2012) yang menunjukkan bahwa sampel daun, bunga dan buah *Rhizophora mucronata* positif mengandung senyawa fenol. Hasil positif untuk pengujian fenol ditunjukkan dengan perubahan warna menjadi biru. Menurut Haryati et al. (2015) hal ini disebabkan oleh reaksi antara $FeCl_3$ dengan gugus -OH pada fenol.

Kandungan senyawa alkaloid tidak terdeteksi pada ekstrak daun, bunga dan buah yang ditunjukkan dengan tidak adanya endapan putih pada penambahan reagen Mayer. Hal ini berbeda dengan penelitian Nurdiani et al. (2012) yang menunjukkan bahwa sampel daun, bunga dan buah *Rhizophora mucronata* positif mengandung senyawa alkaloid. Tidak terdeteksinya senyawa alkaloid pada sampel diduga karena senyawa alkaloid sensitif pada suhu tinggi dimana ekstraksi menggunakan air yang bersuhu 100°C. Senyawa alkaloid seperti *hydrastine* dan *berberine* memiliki sifat *thermally labile* yaitu dapat terdekomposisi pada suhu tinggi (Mokgadi et al., 2013).

Flavonoid merupakan senyawa metabolit sekunder yang tergolong ke dalam sub-group senyawa fenolik. Menurut Terahara (2015) flavonoid dicirikan dengan adanya rangka difenil propanoid yang yang mengombinasikan dua cincin benzena dengan tiga atom karbon. Gorniak et al. (2019) menjelaskan bahwa flavonoid memiliki fungsi sebagai antioksidan, antimikroba, dan antifungi. Senyawa flavonoid terdeteksi pada ekstrak daun, bunga dan buah pada penelitian ini yang ditunjukkan dengan adanya warna merah atau jingga pada lapisan amil alkohol. Hal ini sesuai dengan penelitian Nurdiani et al. (2012) yang menunjukkan bahwa sampel daun, bunga dan buah *R. mucronata* positif mengandung senyawa flavonoid.

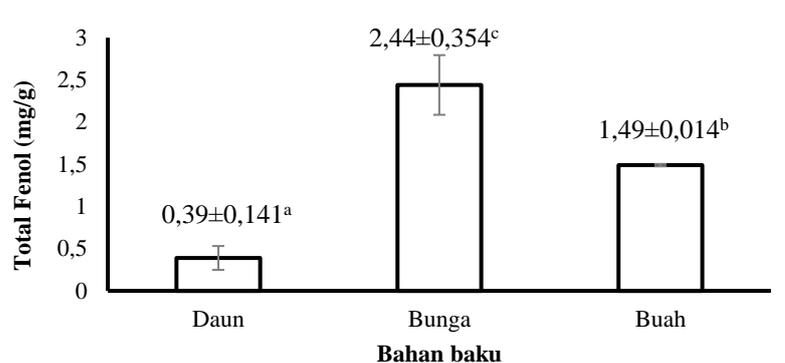
Tanin merupakan senyawa metabolit sekunder yang tergolong dalam kelompok senyawa polifenol. Tanin menurut Sharma et al. (2019) memiliki berbagai fungsi seperti antioksidan, antibakteri, antikanker serta antialergi. Senyawa tanin terdeteksi pada ekstrak daun, bunga dan buah pada penelitian ini yang ditunjukkan dengan perubahan warna hijau pada tabung reaksi. Hasil tersebut sesuai dengan penelitian Nurdiani et al. (2012) yang menunjukkan bahwa sampel daun, bunga dan buah *R. mucronata* positif mengandung senyawa tanin.

Steroid merupakan senyawa yang umum ditemukan pada banyak tumbuhan. Menurut Zhabinskii et al. (2015) steroid berperan penting dalam pertumbuhan dan perkembangan organisme. Steroid juga

memiliki peran sebagai antioksidan, antikanker, antikolesterol dan antiviral. Hasil pengujian menunjukkan adanya kandungan steroid pada ekstrak daun dengan indikator berupa warna hijau pada larutan. Hal tersebut sesuai dengan penelitian Nurdiani et al. (2012) yang menunjukkan bahwa steroid terdapat pada ekstrak daun namun tidak terdapat pada ekstrak bunga dan buah.

Total Fenol Ekstrak Kering *Tisane Mangrove Rhizophora mucronata*

Senyawa fenol merupakan salah satu senyawa kimia yang memiliki potensi sebagai antioksidan. Mahardika dan Roanisca (2018) menyatakan bahwa senyawa fenol memiliki kemampuan untuk mendonorkan hidrogen radikal. Pengujian total fenol menggunakan metode Folin-Ciocalteu. Total fenol ekstrak daun, bunga dan buah *R. mucronata* dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3 Total fenol ekstrak daun, bunga dan buah *R. mucronata*

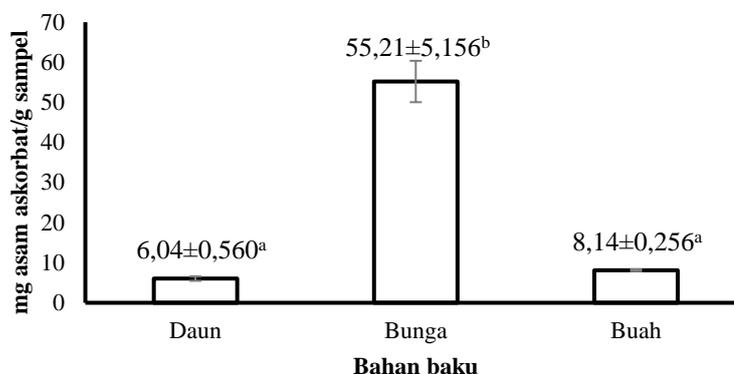
Gambar 3 menunjukkan jenis bahan baku mempengaruhi total fenol pada ekstrak ($p < 0,05$). Total fenol ekstrak bunga memiliki nilai paling tinggi dibanding ekstrak daun dan buah. Hasil pengujian total fenol pada penelitian ini lebih rendah daripada beberapa penelitian sebelumnya. Mangrio et al. (2016) menyatakan bahwa ekstrak daun *R. mucronata* memiliki total fenol yang lebih tinggi dibanding ekstrak bunga dan ekstrak buah, yakni sebesar $29,85 \pm 1,2$ mg/ml. Ekstrak *R. mucronata* yang diperoleh dari jenis pelarut dengan tingkat kepolaran yang berbeda mengandung total fenol yang berbeda pula. Pelarut etanol diketahui menghasilkan total fenol tertinggi dibandingkan dengan pelarut aseton, metanol dan air. Selain itu, Kaur et al. (2019) menunjukkan bahwa total fenol ekstrak metanol daun *R. Mucronata* sebesar $21,25 \pm 0,231$ mg/g.

Perbedaan kandungan fenol ini diduga dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti umur bahan baku yang digunakan dan pelarut selama proses ekstraksi. Daun *R. mucronata* yang digunakan pada penelitian ini merupakan daun muda. Ekstraksi yang dilakukan dengan menggunakan air mendidih dapat menurunkan kadar senyawa fenol pada ekstrak. Aisyah et al. (2014) menyatakan bahwa senyawa fenol pada bahan baku dapat berkurang melalui proses oksidasi dengan panas dan oksigen selama pemanasan. Jenis bahan pelarut yang digunakan turut mempengaruhi total fenol pada ekstrak. Penggunaan pelarut yang memiliki kepolaran yang berbeda menghasilkan nilai total fenol yang bervariasi. Fenol pada tumbuhan memiliki fungsi yang beragam. War et al. (2012) menjelaskan bahwa senyawa fenol memiliki fungsi sebagai pelindung dari serangan eksternal seperti serangga dan patogen. Senyawa fenol juga melindungi tumbuhan tersebut dari pesaingnya. Oszmianski et al. (2015) menambahkan bahwa senyawa fenolik memiliki fungsi lain sebagai pelindung dari sinar ultraviolet serta pigmen pada bunga dan buah yang berfungsi untuk menarik polinator dan penyebar anakan tanaman (buah atau biji) tersebut. Fungsi pigmen pada tumbuhan dapat menjelaskan kandungan total fenol pada ekstrak bunga dan buah yang lebih tinggi dibanding ekstrak daun.

Antioksidan Ekstrak Kering *Tisane Mangrove Rhizophora mucronata*

Antioksidan merupakan senyawa yang mampu meredam dampak negatif pada kesehatan manusia yang diakibatkan oleh radikal bebas. Antioksidan memiliki kemampuan untuk mendonorkan atom hidrogen sehingga mampu menghambat radikal bebas yang terbentuk (Seedevi et al., 2017). Antioksidan yang tinggi dapat diaplikasikan untuk pencegahan berbagai penyakit degeneratif seperti antikanker, antidiabetes, antiinflamasi (Ravikumar dan Gnanadesigan, 2012; Adhikari et al., 2018; Chakraborty dan Raola, 2017). Pengujian aktivitas antioksidan ekstrak daun, bunga dan buah *R. mucronata* menggunakan metode FRAP. Metode FRAP digunakan karena tergolong

mudah, murah, tidak menggunakan bahan kimia yang sulit didapatkan, memiliki tingkat reproduktibilitas yang tinggi dan juga dapat dilakukan dengan cepat (Shah dan Modi, 2015). Aktivitas antioksidan ekstrak daun, bunga dan buah *R. mucronata* dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4 Aktivitas antioksidan ekstrak daun, bunga dan buah *R. mucronata*

Gambar 4 menunjukkan bahwa jenis bahan baku mempengaruhi aktivitas antioksidan ($p < 0,05$). Aktivitas antioksidan ekstrak bunga paling tinggi dibandingkan dengan ekstrak daun dan buah, sebesar $55,21 \pm 5,156$ mg/g, yang menunjukkan bahwa dalam satu gram sampel terdapat $55,21 \pm 5,156$ mg ekuivalen asam askorbat (AAE). AAE merupakan acuan umum yang digunakan untuk mengukur sejumlah vitamin C yang terdapat dalam suatu bahan (Maryam et al., 2016). Hasil ini berkorelasi positif dengan pengujian total fenol pada penelitian ini dimana ekstrak bunga memiliki nilai total fenol yang lebih tinggi dibanding ekstrak daun dan buah. Penelitian Mangrio et al. (2016) dan Erdiandini et al., (2022) menunjukkan korelasi positif antara kandungan total fenol dengan aktivitas antioksidan. Aktivitas antioksidan yang tinggi pada ekstrak daun *R. mucronata* dalam penelitian tersebut sejalan dengan total fenol ekstrak daun yang tinggi. Aktivitas antioksidan pada ekstrak berkorelasi dengan kandungan senyawa bioaktif pada tumbuhan tersebut. Pangestuti (2020) menjelaskan aktivitas antioksidan berkorelasi positif dengan total flavonoid dan saponin. Menurut Agati et al. (2012) flavonoid disintesis umumnya pada klorofil tumbuhan dan memiliki kemampuan antioksidan dengan cara mengkelat ion logam seperti Fe dan Cu sehingga mencegah reaksi yang mampu menghasilkan radikal bebas. Tanin merupakan pigmen natural pada tumbuhan yang juga memiliki kemampuan sebagai antioksidan. Penelitian Paryanto et al. (2020) menunjukkan bahwa kandungan tanin pada ekstrak dipengaruhi oleh jenis dan ukuran bahan baku yang digunakan. Ekstrak *Rhizophora stylosa* yang memiliki ukuran buah yang lebih kecil dari *R. mucronata* memiliki kandungan tanin yang lebih rendah. Warna kuning pada bunga *R. mucronata* diduga akibat tingginya kandungan pigmen karotenoid khususnya xantofil dan lutein. Karotenoid merupakan senyawa terpenoid yang menjadi pigmen fotosintesis dengan efek warna merah dan kuning. Xantofil merupakan anggota karotenoid yang ditemukan pada membran kloroplas dan tilakoid yang sebagian besar pada bagian tumbuhan khususnya bunga dan buah (Canene-Adams et al., 2005; Janik et al., 2008). Penelitian Prasetyo et al., (2022) menunjukkan bahwa kandungan karotenoid yang tinggi pada daun mangrove *Avecennia alba* berkorelasi positif dengan aktivitas antioksidan yang diujikan.

SIMPULAN

Ekstrak bunga *R. mucronata* memiliki aktivitas antioksidan yang lebih kuat dibanding ekstrak daun dan buah. Nilai aktivitas antioksidan FRAP menunjukkan ekstrak bunga memiliki nilai sebesar $55,21 \pm 5,156$ mg asam askorbat/g ekstrak. Kandungan total fenol pada ekstrak bunga menunjukkan nilai tertinggi dibanding ekstrak daun dan buah. Nilai total fenol pada ekstrak bunga sebesar $2,44 \pm 0,354$ mg/g. Nilai aktivitas antioksidan menunjukkan korelasi positif dengan total fenol. Ekstrak bunga memiliki kandungan senyawa bioaktif yaitu fenol, saponin, flavonoid, tanin dan triterpenoid. Penelitian lebih lanjut perlu diperlukan perlakuan suhu dan waktu yang berbeda pada proses pengeringan *R. mucronata* untuk mengetahui kandungan senyawa bioaktif dan aktivitas antioksidan yang optimum sebagai sediaan minuman fungsional.

DAFTAR PUSTAKA

- [AOAC] Association of Official Analytical Chemist. (2005). *Official Method of Analysis of The Association of Official Analytical of Chemist. Chapter 4*. Arlington, Virginia, USA (GB): Association of Official Analytical Chemist, Inc.
- Adhikari, A., Ray, M., Sur, T. P., Biswas, S., Roy, R. K., Hazra, A. K., Das, A. K. (2018). Anti-diabetic activity of *Rhizophora mucronata* leaves in streptozotocin-nicotinamide induced animal model. *The Journal of Middle East and North Africa Sciences*, 4(8), 1-7.
- Agati, G., Azarello, E., Pollastri, S., Tattini, M. (2012). Flavonoids as antioxidants in plants: location and functional significance. *Plant Science*, 196, 67-76. doi:10.1016/j.plantsci.2012.07.014.
- Aisyah, Y., Rasdiansyah, Muhaimin. (2014). Pengaruh pemanasan terhadap aktivitas antioksidan pada beberapa jenis sayuran. *Jurnal Teknologi dan Industri Pertanian Indonesia*, 6(2), 28-32. doi:10.17969/jtipi.v6i2.2063.
- Ayu, M. K., Tamrin, Hermanto. (2019). Pengaruh lama dan suhu pengeringan dalam pengolahan tepung buah mangrove jenis lindur (*Bruguiera gymnorhiza*) terhadap karakteristik organoleptik, kimia dan aktivitas antioksidan. *Jurnal Sains dan Teknologi Pangan*, 4(1), 1879-1891. doi:10.33772/jstp.v4i1.5622.
- Babuselvam, M., Kathiresan, K., Ravikumar, S., Uthiraselvam, M., Rajabudeen, E. (2012). Scientific evaluation of aqueous extracts of fresh and dried leaves from *Rhizophora mucronata* lamk (Rhizophoraceae) in rats. *African Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 6(11), 814-817. doi: 10.5897/AJPP11.636.
- Beuchat, L. R. (1983). Influence of water activity on growth, metabolic activities and survival of yeasts and molds. *Journal of Food Protection*, 46(2), 135-141. doi: 10.4315/0362-028X-46.2.135.
- [BPS] Badan Pusat Statistik. 2020. *Luas Penutupan Lahan Indonesia Di Dalam Dan Di Luar Kawasan Hutan Tahun 2014-2019 Menurut Kelas (Ribu Ha)*. [diakses 15 April 2021]. <https://www.bps.go.id/>
- [BSN] Badan Standarisasi Nasional. (2011). *Cara uji kimia Bagian 5. Penentuan kadar logam berat Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd) pada produk perikanan*. SNI 2354.5:20011. Jakarta (ID): Badan Standarisasi Nasional.
- [BSN] Badan Standarisasi Nasional. (2013). *Teh Kering dalam Kemasan*. SNI 3836:2013. Jakarta (ID) : Badan Standarisasi Nasional.
- Cai, C., Ma, J., Han, C., Jin, Y., Zhao, G., He, X. (2019). Extraction and antioxidant activity of total triterpenoids in the mycelium of a medicinal fungus *Sanghuangporus sanghuang*. *Scientific Reports*, 9(7418), 1-10. doi:10.1038/s41598-019-43886-0.
- Canene-Adams K., Clinton, S. K., King, J. L., Lindshield, B. L., Wharton C., Jeffery, E. & J.W. Jr. Erdman. 2005. The growth of the Dunning R-3327-H transplantable prostate adenocarcinoma in rats fed diets containing tomato, broccoli, lycopene, or receiving finasteride treatment. *FASEB J*. 18: A886 (591.4).
- Chakraborty, K., Raola, V. K. (2017). Two rare antioxidant and anti-inflammatory oleanenes from loop root Asiatic mangrove *Rhizophora mucronata*. *Phytochemistry*, 135, 160–168. doi:10.1016/j.phytochem.2016.12.013
- Clough, B. F., & Attiwill, P.M. (1982). Primary productivity of mangroves. In B.F. Clough (Ed.). *Mangrove ecosystem in Australian: structure, function and management*. Canberra (AU): Australian University Press.
- Dotulong, V., Wonggo, D., & Montolalu, L. A. D. Y. (2018). Phytochemical content, total phenols, and antioxidant activity of mangrove *Sonneratia alba* young leaf through different extraction methods and solvents. *International Journal of ChemTech Research*, 11(11), 356-363. doi:10.20902/IJCTR.2018.111140
- Duke, N. C., & Bunt, J. S. (1979). The genus *Rhizophora* (Rhizophoraceae) in North-eastern Australia. *Australia Journal Botani*, 27, 657-678.
- Egra, S., Mardhiana., Rofin, M., Adiwena, M., Jannah, N., Kuspradini, H., Mitsunaga, T. (2019). Aktivitas antimikroba ekstrak bakau (*Rhizophora mucronata*) dalam menghambat pertumbuhan *Ralstonia solanacearum* penyebab penyakit layu. *Agrovigor*, 12(1), 26-31. doi:10.21107/agrovigor.v12i1.5143
- Erdiandini, I., Manguntungi, B., Mustopa, A. Z., Meilina, L., Vanggy, L. R., Rahmadani, K., Sinulingga, F. & Hastuti12, H. P. (2022). In Vitro, Molecular Docking, and Meta-analysis Studies of

- Screening Antidiabetic Bioactive Compounds from Roselle (*Hibiscus sabdariffa* Linn.). *Philippine Journal of Science*, 151(6A), 2145-2157.
- Fajar, R. I., Wrasiaty, L. P., & Suhendra, L. (2018). Kandungan senyawa flavonoid dan aktivitas antioksidan ekstrak teh hijau pada perlakuan suhu awal dan lama penyeduhan. *Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Agroindustri ISSN*, 6(3), 196-202. fondby.com/fzxe.
- Felicia, N., Widarta, I. W. R., Yusrini, N. L. A. (2016). Pengaruh ketuaan daun dan metode pengolahan terhadap aktivitas antioksidan dan karakteristik sensoris teh herbal bubuk daun alpukat (*Persea americana* Mill.). *Jurnal Ilmu dan Teknologi Pangan*, 5(2), 85-94.
- Gorniak, I., Bartoszewski, R., Kroliczewski, J. (2019). Comprehensive review of antimicrobial activities of plant flavonoids. *Phytochemistry Reviews*, 18(1), 241-272. doi:10.1007/s11101-018-9591-z.
- Hamilton, S. E., & Casey, D. (2016). Creation of a high spatio-temporal resolution global database of continuous mangrove forest cover for the 21st century (CGMFC-21). *Global Ecology and Biogeography*. 25: 729–738. doi:10.1111/geb.12449.
- Handayani, T., Sutarno., Setyawan, A. D. (2004). Analisis komposisi nutrisi rumput laut *Sargassum crassifolium*. *J. Agardh Biofarmasi*, 2(2), 45-52. doi:10.13057/biofar/f020201.
- Harborne, J. B. (1987). *Metode Fitokimia Penuntun Cara Modern Menganalisis Tumbuhan*. Padmawinata K, Soediro I, penerjemah. Bandung (ID): Institut Teknologi Bandung.
- Hardoko., Suprayitno, E., Puspitasari, Y. E., Amalia, R. (2015). Study of ripe *R. mucronata* fruit flour as functional food for antidiabetic. *International Food Research Journal*, 22(3), 953-959.
- Haryati, E. S., Diba, F., Wahdina. (2015). Etnobotani tumbuhan berguna oleh masyarakat sekitar kawasan KPH model Kapuas Hulu. *Jurnal Hutan Lestari*, 3(3), 434-445. doi:10.26418/jhl.v3i3.11370.
- Hendriati, N., Hendrasarie, N. (2013). Desalinasi air payau menggunakan tanaman mangrove. *Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*, 5(2), 1-10. <http://eprints.upnjatim.ac.id/id/eprint/8049>.
- Hinokidani, K., Koyama, S., Irie, M., Nakanishi, Y. (2020). Mangrove leaves with outstanding content of free amino acids especially GABA, makes them candidate for functional food. *Food Research*, 4(5), 1663-1669. doi:10.26656/fr.2017.4(5).185.
- Idrus, A. I., Hadiprayitno, G., & Ilhamdi, M. L. (2014). Kekhasan morfologi spesies mangrove di Gili Sulat. *Jurnal Biologi Tropis*.
- Janik, E., Grudziński, W., Gruszecki, W. I., & Krupa, Z. 2008. The xanthophyll cycle pigments in *Secale cereale* leaves under combined Cd and high light stress conditions. *Journal of Photochemistry, and Photobiology B: Biology*, 90(1), 47-52. doi:10.1016/j.jphotobiol.2007.10.006.
- Jumsurizal, Ilhamdy, A. F., Anggi, Astika. (2021). Karakteristik kimia rumput laut hijau (*Caulerpa racemosa* & *Caulerpa taxifolia*) dari Laut Natuna, Kepulauan Riau, Indonesia. *Jurnal Akuatika Indonesia*, 6(1), 19-24.
- Kaur, S., Yacoob, S. A. M., Venktraman, A., Yogananth, N., Vasudevan, S., Punniyamoorthi, B. (2019). Proximate composition and in vitro antioxidant properties of *Rhizophora mucronata* plant part extract. *Asian Journal of Green Chemistry*, 3(1), 345-352. doi:10.22034/ajgc.2018.143172.1091.
- Khaira, K. (2010). Menangkal radikal bebas dengan antioksidan. *Jurnal Saintek*, 2(2), 183-187. doi:10.31958/js.v2i2.28.
- Kulshreshta, M. J., Kulshreshta, D. K., Rastogi, R. P. (1972). The triterpenoids. *Phytochemistry*, 11(8), 2369-2381. doi:10.1016/s0031-9422(00)88503-9.
- Kumari, S., Badana, A. K., Murali, M. G., Shailender, G., Malla, R. R. (2018). Reactive oxygen species: a key constituent in cancer survival. *Biomarker Insights*, 13, 1-9. doi:10.1177/1177271918755391.
- Kusmiyati, M., Sudaryat, Y., Lutfiah, I. A., Rustamsyah, A., Rohdiana, A. (2015). Aktivitas antioksidan, kadar fenol total, dan flavonoid total dalam teh hijau (*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze) asal tiga perkebunan Jawa Barat. *Jurnal Penelitian Teh dan Kina*, 18(2), 101-106.
- Kusumaningtyas, E., Widiastuti, R., Kusumaningrum, H. D., Suhartono, M. T. (2015). Aktivitas antibakteri dan antioksidan hidrolisat hasil hidrolisis protein susu kambing dengan ekstrak kasar bromelin. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*, 26(2), 179-188. doi:10.6066/jtip.2015.26.2.179.
- Lushchak, V. I. (2014). Free radicals, reactive oxygen species, oxidative stress and its classification. *Chemico-Biological Interactions*, 224, 164-175. doi:10.1016/j.cbi.2014.10.016.
- Mahardika, R. G., & Roanisca, O. (2018). Aktivitas antioksidan dan fitokimia dari ekstrak etil asetat pucuk idat (*Cratoxylum glaucum*). *Indonesian Journal of Chemical*, 5(2), 69-74. doi:10.30598/ijcr.2018.5-rob.

- Mangrio, A. M., Rafiq, M., Naqvi, S. H. A., Junejo, S. A., Mangrio, S. M., Rind, N. A. (2016). Evaluation of phytochemical constituents and antibacterial potential of *Avicennia marina* and *Rhizophora mucronata* from Indus delta of Pakistan. *Pakistan Journal of Biotechnology*, 13(4), 259-265.
- Maryam, S. T., Baits, M., Nadia, A. (2016). Pengukuran aktivitas antioksidan ekstrak etanol daun kelor (*Moringa oleifera* Lam.) menggunakan metode FRAP (*Ferric Reducing Antioxidant Power*). *Jurnal Fitofarmaka Indonesia*, 2(2), 115-118. doi:10.33096/jffi.v2i2.181
- Mbaba, K. Y., Suryatika, I. B. M., Adnyana, I. G. A. P. (2019). Analisa konsentrasi logam Cd pada *Rhizophora* sp. menggunakan metode AAS di kawasan Pelabuhan Gilimanuk Jembrana Bali. *Kappa Journal*, 3(2), 83-88.
- Mile, L., Nursyam, H., Setijawati, D., Sulistyawati, T. D. (2021). Studi fitokimia buah mangrove (*Rhizophora mucronata*) di Desa Langge Kabupaten Gorontalo Utara. *Jambura Fish Processing Journal*, 3(1), 1-8. doi:10.37905/jfpj.v3i1.8585.
- Mokgadi, J., Turner, C., Torto, N. (2013). Pressurized hot water extraction of alkaloids in goldenseal. *American Journal of Analytical Chemistry*, 4, 394-403. doi:10.4236/ajac.2013.48050.
- Mulyani N., Kusmana C., Supriyanto. 1999. Pengkajian Penerapan Teknik Budidaya *Rhizophora mucronata* Dengan Stek Hipokotil. *Jurnal Manajemen Hutan Tropika*. 5 (1): 57-65.
- Nasruddin, Asikin, A. N., Kusumaningrum, I. (2016). Pengaruh konsentrasi KOH terhadap karakteristik karagenan dari *Kappaphychus alvarezzi*. *Jurnal Pesisir dan Laut Tropis*, 21(2), 55-63.
- Nishika Jaishee, N. J., & Usha Chakraborty, U. C. (2014). Pharmacognostical studies and evaluation of antioxidative properties of *Drynaria quercifolia* (L.) J. Smith. *World Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, 3(7):1205-1216. www.wjpps.com/wjpps_controller/abstract_id/1655.
- Nurdiani, R., Firdaus, M., Prihanto, A. A. (2012). Phytochemical screening and antibacterial activity of methanol extract of mangrove plant (*Rhizophora mucronata*) from Porong River estuary. *Journal Basic and Science Technology*, 1(2), 27-29.
- Nurfadhilla, N., Nurruhwati, I., Sunardi, Zahidah. (2020). Tingkat cemaran logam berat timbal (pb) pada tutut (*Filopaludina javanica*) di Waduk Cirata, Jawa Barat. *Jurnal Akuatika Indonesia*, 5(2), 61-70.
- Nurzaman, F., Djajadisastra, J., Elya, B. (2018). Identifikasi kandungan saponin dalam ekstrak kamboja merah (*Plumeria rubra* L.) dan daya surfaktan dalam sediaan kosmetik. *Jurnal Kefarmasian Indonesia*, 8(2), 85-93. doi:10.22435/jki.v8i2.325.
- Nzogong, R. T., Ndjateu, F. S. T., Ekom, S. E., Fosso, J. A. M., Awouafack, M. D., Tene, M., Yane, P., Morita, H., Choudhary, M. I., Tamokou, J. D. (2018). Antimicrobial and antioxidant activities of triterpenoid and phenolic derivatives from two Cameroonian Melastomataceae plants: *Dissotis senegambiensis* and *Aphiblemma monticola*. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 18(159), 1-11. doi:10.1186/s12906-018-2229-2.
- Oyaizu, M. (1986). Studies on product of browning reaction prepared from glucose amine. *Japanese Journal of Nutrition*, 44(1), 307-315. doi:10.5264/eiyogakuzashi.44.307.
- Oswin, S. D., & Kathiresan, K. (1994). Pigments in mangrove species of Pichavaram. *Indian Journal of Marine Sciences*, 23(1), 64-66. http://nopr.niscair.res.in/handle/123456789/37530.
- Oszmianski, J., Kolniak-Ostek, J., Biernat, A. (2015). The content of phenolic compounds in leaf tissues of *Aesculus glabra* and *Aesculus parviflora* Walt. *Molecules*, 20, 2176-2189. doi:10.3390/molecules20022176.
- Pangestuti, R., Siahaan, E.A., Untari, F., Chun, B. S. (2020). Biological activities of Indonesian mangrove obtained by subcritical water extraction. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 441, 1-7. doi:10.1088/1755-1315/441/1/012101.
- Paryanto, Pranolo, S. H., Susanti, A. D., Dewi, K. R., Rossari, M. (2020). Chemical structure of mangrove species *Rhizophora stylosa* as natural dyes. *Metana: Media Komunikasi Rekayasa Proses dan Teknologi Tepat Guna*. 16(1): 33-38. doi:10.14710/metana.v16i1.30417.
- Perez, A. D. L., Leyva-López, N., Gutierrez-Grijalva, E. P., Heredia, J. B. (2016). Phenolic compounds: Natural alternative in inflammation treatment. A Review. *Cogent Food & Agriculture*, 2, 1-14. doi:10.1080/23311932.2015.1131412.
- Podungge, F., Purwaningsih, S., Nurhayati, T. (2015). Karakteristik buah bakau (*Rhizophora mucronata*) dan aktivitas antioksidan ekstrak. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 18 (2), 140-149. doi:10.17844/jphpi.2015.18.2.140.

- Pringgenies, D., Yudiati, E., Nuraini, R. A. T., Susilo, E. S., Rahayuningsih, E. (2018). Optimal concentration of mangrove (*Rhizophora mucronata*) leaf and propagule based natural dye. *Malaysian Journal of Fundamental and Applied Sciences*, 14(1-2), 168-173. doi:10.11113/mjfas.v14n1-2.1011.
- Prasetyo, M. Y., Hendri, M., Putri, W. A. E., & Aryawati, R. (2022). Isolasi dan purifikasi senyawa antioksidan pada daun mangrove *Avicennia alba* dari Kawasan Muara Sungai Musi Kabupaten Banyuasin. *Maspari Journal: Marine Science Research*, 14(1), 63-78. doi:10.56064/maspari.v14i1.16978.
- Purwaningsih, S., Rimbawan, Priosoeryanto, B. P. (2008). Ekstraksi komponen aktif sebagai antikanker pada sel lestari keong matah merah (*Cerithidea obtusa*). *Jurnal Ilmu-ilmu Perairan dan Perikanan Indonesia*. 15(2): 103-108.
- Purwanti, R. (2020). Valuasi ekonomi hutan mangrove di Pulau Tanakeke, Kabupaten Takalar Provinsi Sulawesi Selatan. *Buletin Eboni*, 2(1), 25-34. doi:10.20886/buleboni.5804.
- Ulqodry, T. Z., Bengen, D. G., & Kaswadji, R. F. (2010). Karakteristik perairan mangrove Tanjung Api-api Sumatera Selatan berdasarkan sebaran parameter lingkungan perairan dengan menggunakan analisis komponen utama (PCA). *Maspari Journal: Marine Science Research*, 1(1), 16-21.
- Ravikumar, S., Gnanadesigan, M. (2012). Hepatoprotective and antioxidant properties of *Rhizophora mucronata* mangrove plant in CCl₄ intoxicated rats. *Journal of Experimental and Clinical Medicine*, 4(1), 66-72. doi:10.1016/j.jecm.2011.11.012.
- Ridlo A, Pramesti R, Koesoemadji, Supriyantini E, Soenardjo N. 2017. Aktivitas antioksidan ekstrak daun mangrove *Rhizophora mucronata*. *Buletin Oseanografi Marina*. 6(2): 110-116.
- Rupidara, A. D. N., Tisera, W. L., Ledo, M. E. S. (2020). Studi etnobotani tumbuhan mangrove di Kupang. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 12(3), 875-884. doi:10.29244/jitkt.v12i3.33243.
- Samiyarsih, S., Suparjana, T. B., Juwarno. (2016). Karakter anatomi daun tumbuhan mangrove aibat pencemaran di hutan mangrove Kabupaten Cilacap. *Biosfera*, 33(1), 31-36. doi:10.20884/1.mib.2016.33.1.288.
- Saragih, G., Tamrin, Marpongahtun, Nasution, D. Y., Abdillah. (2020). Phytochemical screening and toxicity of ethanolic extract of mangrove (*Rhizophora mucronata*) leaves from Langsa, Aceh Timur. *Rasayan Journal Chemistry*, 13(1), 476-480. doi:10.31788/RJC.2020.1315524.
- Seedeви, P., Moovendhan, M., Viramani, S., Shanmugam, A. (2017). Biocative potential and structural characterization of sulfated polysaccharide from seaweed (*Gracilaria corticata*). *Carbohydrate Polymers*, 155, 516-524. doi:10.1016/j.carbpol.2016.09.011.
- Shah, P., & Modi, H. A. (2015). Comparative study of DPPH, ABTS, and FRAP assays for determination of antioxidant activity. *International Journal for Research in Applied Sciences & Engineering Technology*, 3(6), 636-641.
- Shahidi, F. (2000). Antioxidants in food and food antioxidants. *Food/nahrung*, 44(3), 158-163.
- Sharma, K., Kumar, V., Kaur, J., Tanwar, B., Goyal, A., Sharma, R., Gat, Y., Kumar, A. (2019). Health effects, sources, utilization and safety of tannins: a critical review. *Toxin Reviews*, 1(1), 1-13. doi:10.1080/15569543.2019.1662813.
- Sinulingga, F., Trilaksani, W., & Setyaningsih, I. (2024). Karakteristik fisikokimia tablet berbasis mikrokapsul minyak mata tuna dan spirulina. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 27(1), 1-15. doi:10.17844/jphpi.v27i1.49473
- Steel, R. G. D., & Torrie, J. H. (1991). Prinsip dan Prosedur Statistika. Sumantri B, penerjemah. Jakarta (ID): Gramedia Pustaka Utama. *Terjemahan dari Principles and Procedures of Statistics*.
- Sulistiyati, T. D., Puspitasari, Y. E. (2015). Kerupuk mangrove antidiare dari buah bakau *Rhizophora mucronata*. *Journal of Innovation and applied technology*, 1(1), 82-87.
- Swain, T., & Hillis, W. E. (1959). The phenolic constituents of *Prunus domestica* I- the quantitative analysis of phenolic constituents. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 10(1), 63-68. doi:10.1002/jsfa.2740100110.
- Syafrida, M., Darmanti, S., Izzati, M. (2018). Pengaruh suhu pengeringan terhadap kadar air, kadar flavonoid dan aktivitas antioksidan daun dan umbi rumput teki (*Cyperus rotundus* L.). *Bioma*, 20(1), 44-50. doi:10.14710/bioma.20.1.44-50
- Terahara, N. (2015). Flavonoids in foods: a review. *Natural Product Communications*, 10(3), 521-528. doi:10.1177/1934578X1501000334.

- Tufliha, A. R., Putra, D. M., Amara, D. M., Santika, R. M., Oktavian, S. M., Kelana, P. P. (2019). Kondisi ekosistem mangrove di Kawasan Ekowisata Karangsong kabupaten Indramayu. *Jurnal Akuatika Indonesia*, 4(1), 11-16.
- War, A. R., Paulraj, M. G., Ahmad, T., Buhroo, A. A., Hussain, B., Ignacimuthu, S., Sharma, H. C. (2012). Mechanisms of plant defense against insect herbivores. *Plant Signaling & Behavior*, 7(10), 1306–1320. doi:10.4161/psb.21663
- Yamin, M., Ayu, D. F., Hamzah, F. (2017). Lama pengeringan terhadap aktivitas antioksidan dan mutu teh herbal daun ketepeng cina (*Cassia alata* L.), *Jom Faperta*. 4(2), 1-15.
- Yuningsih, R., Samingan, Muhibuddin. (2012). Pengaruh berat dan lama waktu penyeduhan terhadap kadar kafein teh. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Biologi*, 4(2), 82-87.
- Zhabinskii, V. N., Khripach, N. B., Khripach, V. A. (2015). Steroid plant hormones: Effects outside plant kingdom, *Steroids*, 97(1), 87–97. doi:10.1016/j.steroids.2014.08.025.
- Zhang, L., Fu, Q., Zhang, Y. (2011). Composition of anthocyanine in pomegranate flowers and their antioxidant activity. *Food Chemistry*, 127, 1444-1449. doi:10.1016/j.foodchem.2011.01.077.