

## AKTIVITAS ANTIOKSIDAN SEDIAAN MINYAK ATSIRI DARI DAUN SAPU-SAPU (*Baekkea frutescens* L.) DAN LIMBAH KULIT JERUK KUNCI (*Citrus x microcarpa* Bunge.)

Occa Roanisca<sup>1,a</sup>, Anggraeni<sup>2</sup>, dan Ropalia<sup>3</sup>

<sup>1</sup>)Program Studi Kimia, Universitas Bangka Belitung

<sup>2</sup>)Program Studi Biologi, Universitas Bangka Belitung

<sup>3</sup>)Program Studi Agroteknologi, Universitas Bangka Belitung

Balunijuk, Kecamatan Merawang, Kabupaten Bangka, Provinsi Kepulauan Bangka Belitung, 33172

<sup>a</sup>) email korespondensi: occaroanisca@gmail.com

### ABSTRAK

Minyak atsiri merupakan senyawa volatil dari tanaman aromatik yang memiliki aktivitas biologis, termasuk sebagai antioksidan. Daun sapu-sapu (*Baekkea frutescens* L.) dan limbah kulit jeruk kunci (*Citrus x microcarpa* Bunge) merupakan sumber lokal yang berpotensi dikembangkan sebagai antioksidan alami. Penelitian ini bertujuan untuk menguji aktivitas antioksidan kombinasi minyak atsiri daun sapu-sapu dan kulit jeruk kunci dalam rasio 40:60 menggunakan metode DPPH. Minyak atsiri diperoleh melalui proses destilasi uap air dan diuji pada lima variasi konsentrasi (10, 15, 20, 25, dan 30 ppm). Penentuan aktivitas antioksidan dilakukan dengan spektrofotometri UV-Vis pada panjang gelombang 517 nm, dilanjutkan dengan perhitungan nilai IC<sub>50</sub> menggunakan regresi linier. Hasil uji menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi larutan sebanding dengan peningkatan persen inhibisi terhadap radikal DPPH. Nilai IC<sub>50</sub> kombinasi 40:60 sebesar 4,02 µg/mL, yang tergolong dalam kategori sangat kuat. Aktivitas ini dikaitkan dengan keberadaan senyawa aktif seperti limonene, flavonoid, 1,8-cineole, dan eugenol dari kedua bahan, yang berkontribusi secara sinergis dalam menetralkan radikal bebas. Hasil ini menunjukkan bahwa kombinasi minyak atsiri daun sapu-sapu dan limbah kulit jeruk kunci berpotensi sebagai sumber antioksidan alami dan mendukung pemanfaatan limbah tumbuhan dalam pengembangan produk herbal.

**Kata kunci:** Minyak atsiri, antioksidan, daun sapu-sapu, limbah kulit jeruk kunci, DPPH

### PENDAHULUAN

Radikal bebas merupakan molekul atau atom yang memiliki elektron tidak berpasangan pada orbital terluar, sehingga bersifat sangat reaktif. Ketidakseimbangan antara produksi radikal bebas dan kemampuan sistem biologis dalam menetralkannya disebut sebagai stres oksidatif. Kondisi ini telah diketahui berperan dalam patogenesis berbagai penyakit degeneratif seperti kanker, penyakit kardiovaskular, diabetes, gangguan neurodegeneratif, serta penuaan dini (Liguori *et al.*, 2018; Khan *et al.*, 2021). Untuk melawan stres oksidatif, tubuh membutuhkan antioksidan yang mampu menetralkan radikal bebas tanpa menjadi reaktif.

Antioksidan dapat bersumber dari senyawa endogen, seperti enzim superoksida dismutase (SOD), katalase, dan glutathion peroksidase, serta senyawa eksogen yang diperoleh dari makanan, suplemen, atau bahan alam. Salah satu kelompok bahan alam yang menarik untuk diteliti sebagai antioksidan adalah minyak atsiri, yaitu campuran senyawa volatil dan lipofilik yang diperoleh dari tanaman aromatik melalui proses destilasi uap air, hidrodistilasi, atau ekstraksi pelarut (Salehi *et al.*, 2022). Minyak atsiri mengandung berbagai senyawa bioaktif seperti monoterpen, sesquiterpen, dan fenolik teroksidasi yang diketahui memiliki aktivitas sebagai antioksidan, antimikroba, dan antiinflamasi (Zengin *et al.*, 2021).

Efektivitas antioksidan dari minyak atsiri dipengaruhi oleh komposisi kimia yang bergantung pada jenis tanaman, bagian tanaman yang digunakan, metode ekstraksi, serta kondisi lingkungan tumbuh (Kang *et al.*, 2019). Salah satu tumbuhan lokal yang berpotensi sebagai sumber minyak atsiri antioksidan adalah daun sapu-sapu (*Baekkea frutescens* L.). Tumbuhan ini banyak tumbuh secara liar di wilayah Sumatera, termasuk Bangka Belitung. Secara tradisional, daun sapu-sapu digunakan sebagai antiseptik, penghangat tubuh, dan obat luka. Minyak atsiri dari daun ini mengandung senyawa aktif seperti 1,8-cineole,  $\alpha$ -pinene dan  $\beta$ -pinene yang memiliki aktivitas antioksidan cukup kuat (Elicia, 2024). Beberapa studi menunjukkan bahwa minyak atsiri daun sapu-sapu mampu menurunkan kadar malondialdehid (MDA) dan meningkatkan kapasitas antioksidan total (TAC) secara signifikan dalam uji *in vitro* maupun *in vivo* (Zhang *et al.*, 2022).

Selain itu, bahan alami lain yang berpotensi dikembangkan adalah limbah jeruk kunci (*Citrus x microcarpa* Bunge), khususnya bagian kulit yang masih mengandung komponen minyak atsiri dalam jumlah cukup tinggi. Meskipun sering dianggap sebagai limbah, kulit jeruk kunci mengandung senyawa volatil seperti limonene, linalool, terpineol, dan citral, yang diketahui memiliki sifat antioksidan, antibakteri, dan antifungi (Lai *et al.*, 2020; Nurfadhilah *et al.*,

2022). Potensi antioksidan minyak atsiri kulit jeruk kunci diperoleh dari kandungan monoterpen yang dapat menangkap radikal peroksil dan mencegah kerusakan oksidatif lipid (Ribeiro-Santos *et al.*, 2017).

Penggunaan kombinasi dua jenis minyak atsiri dari bahan lokal, yaitu daun sapu-sapu dan limbah jeruk kunci, merupakan pendekatan yang menjanjikan untuk meningkatkan efektivitas aktivitas antioksidan. Kombinasi ini diperkirakan dapat menghasilkan efek sinergis karena profil kimia yang saling melengkapi. Minyak atsiri daun sapu-sapu lebih kaya akan senyawa terpenoid dengan gugus epoksida dan alkohol, sedangkan minyak atsiri kulit jeruk kunci kaya akan senyawa limonene dan aldehida teroksigenasi. Kombinasi ini diyakini mampu bekerja secara sinergis dalam menghambat pembentukan radikal bebas dan mencegah peroksidasi lipid, baik secara langsung melalui mekanisme scavenging maupun secara tidak langsung melalui peningkatan aktivitas enzim antioksidan endogen (Xie *et al.*, 2021).

Dalam penelitian sebelumnya, formulasi kombinasi beberapa minyak atsiri terbukti memiliki aktivitas antioksidan yang lebih tinggi dibandingkan penggunaannya secara tunggal. Misalnya, kombinasi minyak atsiri *rosemary* dan *thyme* menunjukkan peningkatan nilai IC<sub>50</sub> dalam uji DPPH dan ABTS dibanding masing-masing minyak atsiri individu (Salgueiro *et al.*, 2020). Hal ini mengindikasikan bahwa sinergi antara senyawa volatil dari dua sumber tanaman berbeda dapat meningkatkan efektivitas perlindungan terhadap stres oksidatif. Namun, hingga saat ini belum terdapat banyak kajian ilmiah mengenai aktivitas antioksidan dari kombinasi minyak atsiri daun sapu-sapu dan limbah jeruk kunci, terutama dari wilayah Bangka Belitung.

Metode DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) merupakan salah satu metode yang paling umum digunakan untuk mengukur kapasitas penangkapan radikal bebas suatu senyawa atau sediaan. Prinsip metode ini didasarkan pada kemampuan antioksidan dalam mereduksi radikal DPPH yang berwarna ungu menjadi bentuk non-radikal yang tidak berwarna, sehingga penurunan absorbansi pada panjang gelombang 517 nm dapat dihitung sebagai indikator aktivitas antioksidan (Molyneux, 2017). Metode ini sederhana, cepat, dan sensitif terhadap senyawa fenolik maupun volatil seperti yang terkandung dalam minyak atsiri.

Pengujian aktivitas antioksidan dari kombinasi minyak atsiri daun sapu-sapu dan limbah jeruk kunci dapat memberikan dukungan prinsip keberlanjutan dan pengurangan limbah lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi aktivitas antioksidan dari kombinasi minyak atsiri daun sapu-sapu (*Baeckea frutescens* L.) dan minyak atsiri limbah jeruk kunci (*Citrus x microcarpa* Bunge) menggunakan metode DPPH.

## METODE PENELITIAN

### Alat

Alat-alat yang digunakan adalah set alat ekstraksi dan destilasi uap air, karung, parang, kompor, gas, aluminium foil, plastik wrapping, erlenmeyer, tabung reaksi, jangka sorong, labu ukur 10 mL, vortex, Spektrofotometer UV-Vis.

### Bahan

Bahan-bahan yang digunakan adalah daun sapu-sapu (*Baeckea frutescens* L.), limbah jeruk kunci (*Citrus x microcarpa* Bunge.), akuades, metanol p.a., DPPH.

### Prosedur Penelitian

#### Preparasi Sampel Daun Sapu-Sapu dan Limbah Kulit Jeruk Kunci

Pengambilan sampel daun sapu-sapu (*Baeckea frutescens* L.) dilakukan di Kawasan Hutan Kerangas, Area Pantai Lintas Timur, Bangka Belitung. Sampel berupa seluruh bagian daun sebanyak 5 kg kemudian dipotong kecil agar mudah dimasukkan ke dalam alat destilasi. Sementara itu, limbah kulit jeruk kunci (*Citrus x microcarpa* Bunge) sebanyak 5 kg diperoleh dari Kecamatan Gerunggang, Kota Pangkalpinang, dan digunakan sebagai bahan baku ekstraksi minyak atsiri.

#### Ekstraksi Minyak Atsiri Daun Sapu-sapu dan Limbah Kulit Jeruk Kunci

Ekstraksi minyak atsiri dilakukan melalui metode destilasi menggunakan alat destilasi Zebra Thailand berbahan stainless steel SUS 304 berdiameter 36 cm. Sampel daun sapu-sapu maupun kulit jeruk kunci ditempatkan di atas saringan dalam ketel berisi air tanpa kontak langsung. Proses pemanasan dijaga pada suhu uap 100–110°C dan suhu api 150–300°C selama 4 jam hingga diperoleh destilat. Minyak atsiri dan hidrosol ditampung menggunakan corong pisah, lalu dilakukan pemisahan, perhitungan rendemen, dan karakterisasi kualitas minyak atsiri (Elicia, 2024; Tafdila, 2025).

### Uji Aktivitas Antioksidan

#### Variasi Konsentrasi Kombinasi Sampel

Penentuan nilai IC<sub>50</sub> dilakukan terhadap senyawa DPPH dengan menggunakan spektrofotometri UV-Vis yang dimodifikasi dari penelitian Rachmatillah *et al.* (2021).

#### Pembuatan Larutan Uji

Larutan induk 1000 ppm minyak atsiri dibuat dengan melarutkan 1 mL minyak atsiri (40% minyak atsiri daun sapu-sapu : 60% minyak atsiri limbah kulit jeruk kunci) dalam metanol p.a pada labu ukur 10 mL. Dari larutan induk ini, dibuat variasi konsentrasi 10, 15, 20, 25, dan 30 ppm dengan memipet 1 mL dan mengencerkan hingga tanda batas dengan metanol p.a.

#### Pembuatan Larutan DPPH

Ditimbang 2,5 mg DPPH, lalu dilarutkan dalam metanol p.a hingga mencapai volume 25 mL. Larutan ini disimpan dalam wadah yang ditutup aluminium foil.

#### Pembuatan Larutan Blanko

Sebanyak 2 mL larutan DPPH dipipet ke dalam tabung reaksi, ditambahkan 2 mL metanol, kemudian kemudian di vortex selama 30 detik dan diinkubasi pada suhu 37°C selama 30 menit. Absorbansi larutan ini diukur pada panjang gelombang 517 nm menggunakan instrumen Spektrofotometer UV-Vis.

### Penentuan Nilai IC<sub>50</sub>

Setiap larutan uji dipipet sebanyak 1 mL ke dalam tabung reaksi, lalu ditambahkan 1 mL larutan DPPH dan 2 mL metanol p.a, kemudian di vortex selama 30 detik. Setelah dihomogenkan, larutan diinkubasi pada suhu 37°C selama 30 menit dan absorbansi diukur pada panjang gelombang 517 nm. Nilai IC<sub>50</sub> dihitung menggunakan regresi linier dari kurva yang menunjukkan hubungan antara persentase inhibisi dan konsentrasi larutan uji. Pengujian menggunakan spektrofotometer UV-Vis untuk mengukur absorbansi larutan DPPH setelah diberi sampel. Persentase Inhibisi DPPH:

$$\text{Inhibisi (\%)} = \frac{(A_k - A_s)}{A_k} \times 100\%$$

Selanjutnya, menghitung nilai IC<sub>50</sub> dengan memasukkan nilai persen penghambatan dari tiap konsentrasi dengan menggunakan persamaan regresi linier.

$$y = a + bx$$

**Tabel 1.** Tingkat Kekuatan Antioksidan dengan Metode DPPH (Tafdila, 2025)

Intensitas Antioksidan	Nilai IC <sub>50</sub>
Sangat Kuat	< 50 µg/mL
Kuat	50 - 100 µg/mL
Sedang	100 - 250 µg/mL
Lemah	250 - 500 µg/mL

### HASIL DAN PEMBAHASAN

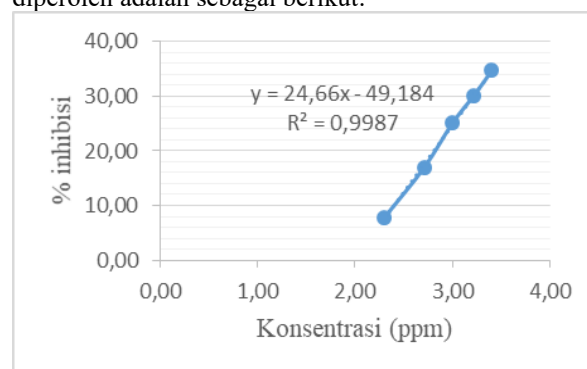
Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui aktivitas antioksidan dari kombinasi minyak atsiri daun sapu-sapu (*Baeckea frutescens* L.) dan minyak atsiri limbah kulit jeruk kunci (*Citrus x microcarpa* Bunge). Pengujian dilakukan menggunakan metode DPPH (1,1-difenil-2-pikrilhidrazil) yang mampu menunjukkan kemampuan suatu senyawa dalam menangkap radikal bebas berdasarkan penurunan intensitas warna ungu DPPH yang diukur dengan spektrofotometri UV-Vis pada panjang gelombang 517 nm (Rachmatillah *et al.*, 2021). Kombinasi minyak atsiri diformulasikan dalam rasio 40% daun sapu-sapu : 60% limbah kulit jeruk kunci, kemudian diuji pada lima variasi konsentrasi (10, 15, 20, 25, dan 30 ppm). Hasil pengukuran absorbansi dan % inhibisi pada sampel minyak atsiri daun sapu-sapu dan limbah kulit jeruk kunci dengan berbagai variasi konsentrasi dapat dilihat pada Tabel 1 berikut:

**Tabel 2.** Absorbansi dan % inhibisi Sampel Uji Minyak Atsiri Daun Sapu-sapu dan Limbah Kulit Jeruk Kunci

Konsentrasi (ppm)	Absorbansi (rata-rata)	% Inhibisi
10	0,672	7,86
15	0,605	16,96
20	0,546	25,06
25	0,509	30,18
30	0,476	34,71

Blanko 0,729

Berdasarkan data pada Tabel 1, peningkatan konsentrasi minyak atsiri berbanding lurus dengan peningkatan persentase inhibisi. Hal ini menunjukkan bahwa kemampuan antioksidan meningkat seiring dengan jumlah senyawa aktif yang ditambahkan, terutama senyawa fenolik dan monoterpenoid dari limbah kulit jeruk kunci dan daun sapu-sapu (Anggraini *et al.*, 2021; Flieger *et al.*, 2021). Selanjutnya perhitungan % inhibisi dari tiap konsentrasi kemudian diplot dalam grafik regresi linier untuk menentukan IC<sub>50</sub>. Persamaan regresi yang diperoleh adalah sebagai berikut:



**Gambar 1.** Kurva Regresi Linier

Berdasarkan kurva regresi pada Gambar 1, diperoleh persamaan regresi  $y = 24,66x - 49,184$ , dengan nilai  $R^2 = 0,9987$ . Nilai  $R^2$  yang diperoleh dari sampel tersebut menunjukkan bahwa kombinasi sampel tersebut memiliki koefisien determinasi hampir mendekati +1 (bernilai positif) yang artinya memiliki korelasi baik antara konsentrasi sampel dan % inhibisi (Septiani *et al.*, 2024). Perhitungan IC<sub>50</sub> merupakan konsentrasi yang menyebabkan 50% inhibisi, sehingga menggunakan substitusi  $y = 50$  dengan perhitungan sebagai berikut:

$$IC_{50} = \frac{50 + 49,184}{24,66} = \frac{99,184}{24,66} = 4,02 \mu\text{g/mL}$$

Perhitungan tersebut menunjukkan nilai IC<sub>50</sub> sebesar 4,02 µg/mL. Berdasarkan data penelitian Tafdila (2025), kombinasi minyak atsiri dari daun sapu-sapu (*Baeckea frutescens* L.) dan limbah kulit jeruk kunci (*Citrus x microcarpa* Bunge) dalam rasio 40:60 menunjukkan potensi besar sebagai sumber antioksidan alami karena tergolong intensitas antioksidan yang bersifat sangat kuat. Aktivitas antioksidan dari suatu bahan umumnya dipengaruhi oleh kandungan senyawa bioaktif seperti senyawa fenolik, flavonoid, terpenoid, dan minyak volatil, yang mampu memberikan elektron atau atom hidrogen untuk menetralkan radikal bebas (Munteanu & Apetrei, 2021).

Peningkatan aktivitas antioksidan pada rasio 40:60 disebabkan oleh tingginya proporsi limbah kulit jeruk kunci. Kulit jeruk kunci diketahui mengandung berbagai senyawa bioaktif seperti limonene, linalool, geraniol, flavonoid, dan vitamin C, yang berdasarkan kajian terdahulu memiliki potensi antioksidan tinggi (Shah & Mehta, 2018; Anggraini *et al.*, 2021). Limonene sebagai senyawa utama dalam kulit jeruk,

merupakan monoterpen yang berfungsi sebagai *radical scavenger*. Flavonoid berperan dalam menangkap radikal bebas melalui mekanisme donasi elektron dan menstabilkan molekul radikal (Flieger *et al.*, 2021). Kandungan ini mampu meningkatkan kapasitas antioksidan ketika dikombinasikan dengan minyak atsiri daun sapu-sapu yang juga kaya akan senyawa fenolik dan eugenol.

Daun sapu-sapu juga memberikan kontribusi terhadap aktivitas antioksidan mengandung  $\alpha$ -pinene,  $\beta$ -pinene, 1,8-cineol dan terpinen-4-ol, yang dapat bersinergi dalam menetralkan radikal bebas dan mencegah terjadinya reaksi oksidasi lanjutan (Effendi & Wijanarko, 2014; Maesaroh *et al.*, 2023). Sinergisme antar senyawa aktif dari kedua bahan ini menyebabkan peningkatan efektivitas dibandingkan bila digunakan secara tunggal. Rasio 40:60 ini juga menunjukkan bahwa limbah kulit jeruk kunci yang lebih tinggi memberikan kontribusi lebih besar terhadap aktivitas antioksidan total. Hal ini selaras dengan literatur sebelumnya yang menyatakan bahwa kulit jeruk mengandung senyawa fenolik dan flavonoid lebih tinggi dibandingkan daging buahnya, sehingga pemanfaatannya dalam formulasi produk alami memiliki potensi terapeutik yang signifikan (Herlina *et al.*, 2022; Rubab *et al.*, 2022).

Studi oleh Anas (2022) menunjukkan bahwa kombinasi minyak atsiri dari dua tanaman atau tumbuhan yang berbeda dapat menghasilkan efek aditif atau sinergis, tergantung pada jenis senyawa aktifnya. Dalam hal ini, kombinasi daun sapu-sapu dan limbah kulit jeruk kunci memiliki kecocokan kimiawi yang saling melengkapi. Minyak atsiri dari daun sapu-sapu yang bersifat antioksidan, antiinflamasi, dan antimikroba, jika dipadukan dengan limbah kulit jeruk kunci yang kaya vitamin C dan senyawa aromatik, dapat meningkatkan stabilitas serta memperluas spektrum aktivitasnya.

Selain aktivitasnya, stabilitas dan volatilitas senyawa pada kedua jenis minyak atsiri tersebut menghasilkan campuran yang lebih stabil, mudah diformulasikan, dan memiliki efek sensorik yang baik. Secara keseluruhan, kombinasi minyak atsiri daun sapu-sapu dan limbah kulit jeruk kunci pada rasio 40:60 terbukti memiliki aktivitas antioksidan yang sangat tinggi, berpotensi dikembangkan menjadi produk antioksidan alami dengan basis bahan lokal yang murah, mudah didapat, serta ramah lingkungan.

## KESIMPULAN

Kombinasi minyak atsiri daun sapu-sapu (*Baeckea frutescens* L.) dan limbah kulit jeruk kunci (*Citrus x microcarpa* Bunge) dalam rasio 40:60 menunjukkan aktivitas antioksidan yang sangat kuat dengan nilai IC<sub>50</sub> sebesar 4,02  $\mu$ g/mL berdasarkan metode DPPH. Aktivitas tinggi ini diindikasikan berasal dari sinergisme antara senyawa bioaktif yang terkandung dalam kedua jenis minyak atsiri, seperti limonene, flavonoid, 1,8-cineole, dan  $\alpha$ -pinene, yang berperan dalam menetralkan radikal bebas. Formulasi ini sangat potensial untuk dikembangkan sebagai bahan

aktif dalam produk kesehatan atau kosmetik berbasis antioksidan alami, serta memberikan nilai tambah terhadap pemanfaatan limbah lokal secara berkelanjutan.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada pihak Universitas Bangka Belitung yang telah mendanai kegiatan penelitian ini melalui skema Penelitian Dosen Tingkat Universitas (PDTU) Universitas Bangka Belitung No. 1152/UN50/M/PP/2025 dan Fakultas Sains dan Teknik Universitas Bangka Belitung atas pembiayaan publikasi artikel ilmiah ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Elicia R, Roanisca O, Asriza R O. 2024. The Effect of Harvest Time of Sapu-Sapu Leaves (*Baeckea frutescens* L.) the Yield, Characteristics and Composition of Essential Oils Extached Using Steam-Hydro Distillation Method. *Indonesian Journal of Chemical Analysis (IJCA)*, 7(2), 227–236.
- Elicia R, Septiana S, Robiana S, Roanisca O. (2023, December). Optimasi Rendemen Destilasi Minyak Atsiri Daun Sapu-Sapu (*Baeckea frutescens* L.). In *Proceedings Of National Colloquium Research and Community Service* (Vol. 7, pp. 102-104).
- Gülcin, I. (2020). Antioxidants and antioxidant methods: An updated overview. *Archives of Toxicology*, 94(3), 651–715.
- Huong DTL, Dau Xuan Duc DX, Son NT. *Baeckea frutescens* L.: A Review on Phytochemistry, Biosynthesis, Synthesis, and Pharmacology. *Natural Product Communications*, 2023 July 4 18(7): 1–22.
- Kang S, Kim YJ, & Lee J. (2019). Environmental and extraction conditions affect the antioxidant activity of essential oils. *Industrial Crops and Products*, 130, 129–135.
- Khan A, Ali S, & Aslam M. (2021). Role of oxidative stress in health and disease: A review. *Journal of Molecular Biology and Biotechnology*, 6(2), 45–52.
- Lai CS, Tan JM, & Lim JC. (2020). Valorization of Citrus microcarpa peel essential oil as antioxidant-rich natural product. *Food Chemistry*, 330, 127201.
- Liguori I, Russo G, Curcio F, Bulli G & Aran L. (2018). Oxidative stress, aging, and diseases. *Clinical Interventions in Aging*, 13, 757–772.
- Molyneux P. (2017). The use of the stable free radical DPPH for estimating antioxidant activity. *Food Science and Technology*, 3(2), 121–130.
- Nurfadhilah M, Wulandari E, & Santosa H. (2022). Pemanfaatan limbah kulit jeruk kunci sebagai sumber antioksidan alami. *Jurnal Teknologi Hasil Pertanian*, 10(1), 18–25.
- Ramli N, Yusoff MM & Ahmad F. (2019). Phytochemical profile and antioxidant activity

- of *Baekkea frutescens* essential oil. *Journal of Essential Oil Research*, 31(5), 428–434.
- Salehi B *et al.* (2022). Essential oils as natural antioxidants: A review. *Food Research International*, 152, 110899.
- Salgueiro LR, Martins AP & Cavaleiro C. (2020). Synergistic antioxidant effect of essential oil mixtures. *Flavour and Fragrance Journal*, 35(1), 23–31.
- Santos R, Andrade M, de Melo NR & Sanches-Silva A. (2017). Use of essential oils in active food packaging: Recent advances and future trends. *Trends in Food Science & Technology*, 61, 132–140.
- Sofyan A, Taufik M, & Rahmawati D. (2023). Aktivitas antioksidan minyak atsiri daun sapu-sapu asal Bangka Belitung. *Jurnal Riset Kimia dan Lingkungan*, 15(2), 89–96.
- Tafdila NA. (2025). Karakteristik Minyak Atsiri Limbah Buah Jeruk Kunci (*Citrus x microcarpa* Bunge) sebagai Antioksidan dan Antibakteri. (Skripsi Sarjana, Universitas Bangka Belitung).
- Xie J, Wang L & Zhou X. (2021). Synergistic antioxidant effect of plant-based essential oils: Mechanisms and applications. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 61(13), 2101–2114.
- Zhang T, Yang L & Chen S. (2022). Antioxidant effect of essential oil from *Baekkea* species: In vitro and in vivo study. *Journal of Ethnopharmacology*, 283, 114695.