

## *Solanum betaceum* (Terong Belanda): Buah Asli India yang Kaya Antioksidan

### *Solanum betaceum* (Tamarillo): A Potential Antioxidant Rich Indigenous Fruit of India

Arivazhagan Suganya<sup>1\*</sup>, Chinnappan A. Kalpana<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departemen Ilmu Pangan dan Gizi, Avinashilingam Institute for Home Science and Higher Education for Women, Coimbatore, Tamil Nadu, India

#### INFO ARTIKEL

Received: 23-07-2024

Accepted: 19-03-2025

Published online: 20-06-2025

#### \*Koresponden:

Arivazhagan Suganya

[suganyaa101@gmail.com](mailto:suganyaa101@gmail.com)



DOI:

10.20473/amnt.v9i2.2025.319-328

#### Tersedia secara online:

[https://e-](https://e-journal.unair.ac.id/AMNT)

[journal.unair.ac.id/AMNT](https://e-journal.unair.ac.id/AMNT)

#### Kata Kunci:

Terong Belanda, Tomat Pohon, *Solanum betaceum*, Aktivitas Antioksidan, Sindrom Metabolik

#### ABSTRAK

**Latar Belakang:** *Solanum betaceum*, umumnya dikenal sebagai terong belanda, adalah buah bergizi yang kaya akan vitamin C, serat makanan, dan antioksidan penting yang melindungi sel dari kerusakan radikal bebas, berkontribusi terhadap kesehatan secara keseluruhan.

**Tujuan:** Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh konfirmasi aktivitas antioksidan buah diikuti dengan identifikasi gugus fungsi dan komponen.

**Metode:** Kandungan serat ditentukan secara enzimatik. Fitokimia disaring menggunakan ekstrak pelarut polar, dengan Kromatografi Gas-Spektrometri Massa untuk mengidentifikasi metabolit dan Spektroskopi Inframerah Transformasi Fourier untuk mengkarakterisasi metabolit sekunder. Kapasitas antioksidan diukur dengan uji DPPH (2,2-difenil-1-pikrilhidrazil).

**Hasil:** Buah terong belanda segar menunjukkan kandungan serat makanan yang tinggi (47,3 g/100 g), Vitamin C (27 mg/100 g), dan  $\beta$ -karoten (832 mcg/100 g) yang merupakan zat gizi utama yang berperan sebagai antioksidan. Skrining fitokimia menunjukkan kelimpahan tertinggi senyawa fenolik, flavonoid, terpenoid, dan kuinon dalam ekstrak metanol. Identifikasi gugus fungsi yang digunakan untuk mengonfirmasi keberadaan komponen bioaktif: O-Halkohol/fenolik (3300-2900  $\text{cm}^{-1}$ ), C=Caromatik (1600-1450  $\text{cm}^{-1}$ ), C-Haromatik (680-470  $\text{cm}^{-1}$ ). Analisis Kromatografi Gas-Spektrometri Massa mengidentifikasi berbagai komponen metabolik, termasuk beta-Bisabolene, metil ester asam heksadekanat, asam palmitat, asam pentadekanaraboksilat, heneikosana, eikosana, dotriakontana, format mirtenil, dan asam isobutirat. Uji penangkal radikal bebas DPPH menunjukkan aktivitas antioksidan buah terong belanda yang kuat, dengan nilai IC<sub>50</sub> (22,1  $\mu\text{g}/\text{mg mL}^{-1}$ ) yang secara signifikan lebih rendah daripada kontrol ( $p$ -value < 0,001).

**Kesimpulan:** Temuan ini mengungkap spektrum luas khasiat yang bermanfaat dalam terong belanda. Adanya vitamin C dan serat makanan menegaskan aktivitas antioksidan dan menjadikan terong belanda buah yang menjanjikan untuk pencegahan kanker dan penyakit degeneratif lainnya.

#### PENDAHULUAN

Terong belanda (*Solanum betaceum*), juga dikenal sebagai tomat pohon atau terong belanda, dibudidayakan di seluruh dunia dan tumbuh subur di iklim subtropis dan tropis. Buah terong belanda dibudidayakan secara komersial di dataran tinggi tropis Asia Tenggara dan Indonesia, serta di negara-negara seperti Brasil, Selandia Baru, dan Australia. Buah terong belanda juga tumbuh di daerah perbukitan Tamil Nadu, India. Di daerah khatulistiwa, spesies subtropis ini tumbuh subur di ketinggian 1.000–3.000 m, sedangkan di daerah subtropis yang lebih dingin, tanaman ini ditemukan di ketinggian 300–1.000 m. Pertumbuhannya lebih menonjol pada suhu berkisar antara 18 hingga 22°C, dengan curah hujan tahunan 600 hingga 800 mm. Buah

terong belanda adalah buah yang relatif kurang diteliti di India, meskipun keberadaannya di dunia semakin meningkat. Buah ini cocok untuk dikonsumsi dalam berbagai olahan kuliner, seperti jus, salad, topping kue, dan pengawet seperti selai, jeli, saus, dan acar<sup>1</sup>. Oleh karena itu, buah terong belanda dapat diperoleh sepanjang tahun. Selain memperkuat sistem kekebalan tubuh, konsumsi buah secara konsisten juga membantu mencegah gangguan metabolisme. Buah terong belanda sangat sehat, mengandung 96 mg karotenoid per gram, 95 mg senyawa fenolik per 100 gram, dan 21 mg flavonoid per gram berat kering. Senyawa-senyawa ini dipuja karena sifat anti-inflamasi dan antioksidannya. Aktivitas antioksidan senyawa fenolik sangat penting untuk meningkatkan efek anti-inflamasi. Secara khusus,

flavonoid memiliki kemampuan antioksidan dan anti-inflamasi yang kuat karena dapat secara efektif menetralkan *Reactive Oxygen Species* (ROS) yang dibuat oleh neutrofil dan makrofag, dan juga memblokir enzim yang menciptakan ROS. Selain itu, terong belanda rendah kalori dan kaya akan mineral esensial. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa konsumsi tamarillo dapat memberikan perlindungan terhadap berbagai penyakit, seperti kanker, sebagai hasil dari efek antioksidannya yang kuat<sup>2</sup>. Buah terong belanda ditemukan mengandung karbohidrat, protein, dan serat makanan dalam jumlah sedang, serta kadar aktivitas antioksidan dan vitamin antioksidan yang tinggi. *Total phenolic content* (TPC) yang unggul dikaitkan dengan efek pembersihannya yang kuat. Lebih jauh, buah terong belanda menunjukkan sitotoksitas spesifik terhadap hepatoma hati (HepG2) dan sel kanker payudara yang tidak bergantung hormon (MDA-MB-231), sementara itu tidak menunjukkan toksisitas apa pun terhadap sel fibroblas tikus normal (3T3). Temuan ini menunjukkan bahwa buah terong belanda berpotensi berfungsi sebagai agen antikanker karena sifatnya yang tidak beracun terhadap sel normal. Investigasi ini menunjukkan bahwa buah terong belanda merupakan sumber antioksidan alami yang menjanjikan dan agen sitotoksik yang efektif terhadap sel kanker tertentu<sup>3</sup>.

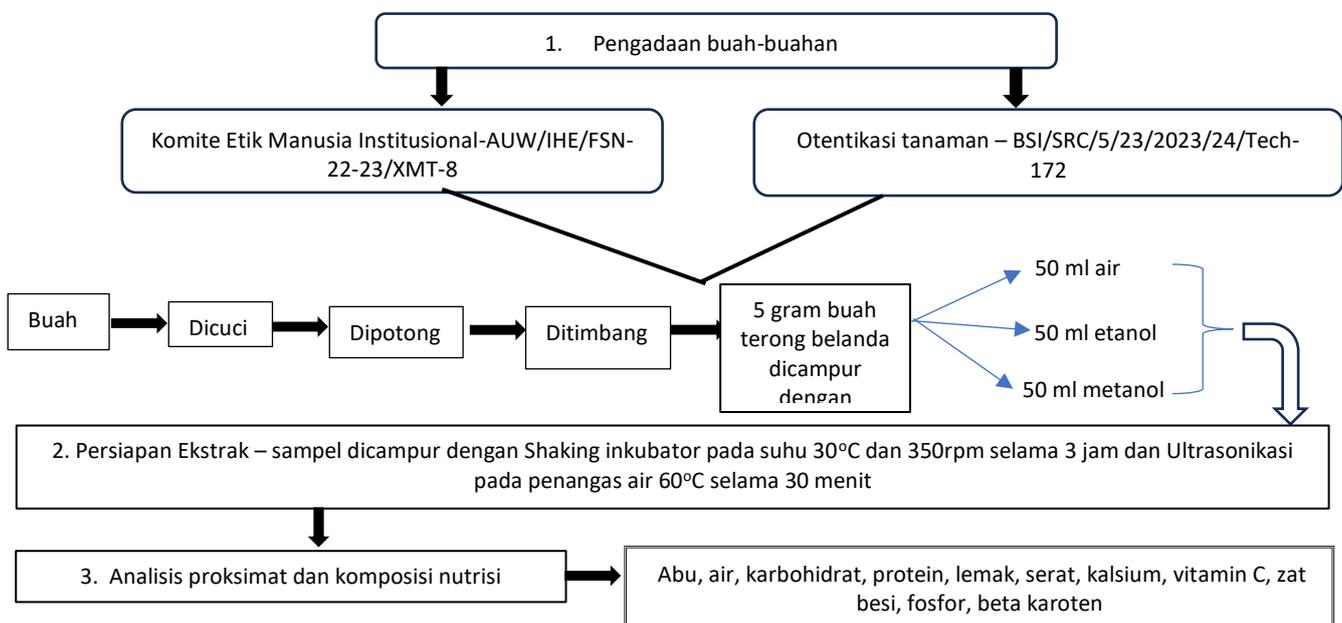
Penelitian ini bertujuan untuk menjembatani kesenjangan pengetahuan ini dengan mengeksplorasi komposisi kimia dan potensi antioksidan buah terong belanda dengan menggunakan kombinasi teknik analisis tingkat lanjut. Kromatografi gas dan spektrometri massa merupakan instrumen ampuh untuk mengidentifikasi dan mengukur senyawa metabolit yang ditemukan dalam buah terong belanda. Metabolit tanaman ini dapat dianalisis dalam satu langkah menggunakan kromatografi gas dan spektrometri massa. Derivatisasi adalah proses di mana metabolit, seperti asam amino dan asam organik (OA), diubah menjadi turunan yang mudah menguap. Spektroskopi inframerah transformasi Fourier merupakan

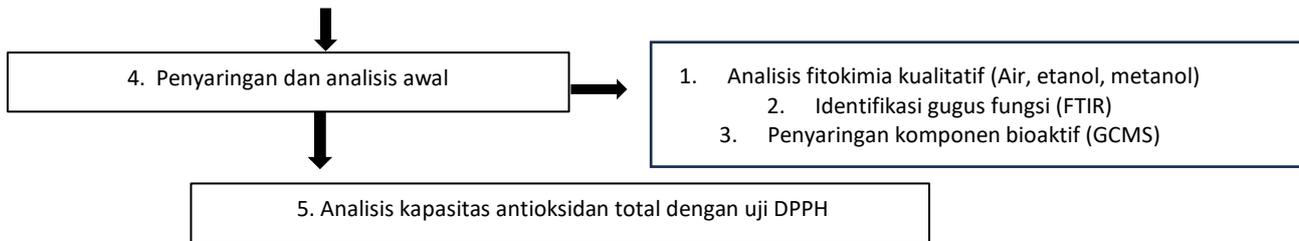
metode optimal untuk memperoleh wawasan yang cepat dan tidak merusak tentang gugus fungsi senyawa kimia yang terdapat dalam buah terong belanda. Demikian pula, kromatografi gas dan spektrometri massa sangat cocok untuk analisis buah terong belanda karena kapasitasnya untuk mengidentifikasi komponen bioaktif secara akurat, yang membantu pemahaman yang lebih komprehensif tentang potensi manfaat kesehatan buah terong belanda. Teknik-teknik ini sangat efektif untuk pembuatan profil metabolit buah terong belanda yang komprehensif karena keunggulannya yang saling melengkapi. Selain itu, pencantuman uji antioksidan memudahkan evaluasi potensi manfaat kesehatan buah terong belanda. Dengan mengevaluasi aktivitas penangkal radikal bebasnya, informasi berharga tentang potensi perannya dalam pencegahan penyakit terkait stres oksidatif dapat diperoleh. Hasil penelitian ini berpotensi mendorong konsumsi buah terong belanda dan potensi penerapannya dalam produksi nutrasetika dan makanan. Studi tentang buah terong belanda ini, yang untuk pertama kalinya meneliti potensi antioksidan dan komponen fenolik serta bioaktifnya, menawarkan wawasan berharga. Buah terong belanda dimaksudkan untuk ditekankan sebagai sumber antioksidan dan menunjukkan potensinya sebagai makanan fungsional untuk manajemen penyakit.

## METODE

### Pengumpulan Tanaman dan Persiapan Sampel

Varietas buah buah terong belanda (*Cyphomandra betacea*) berwarna merah diperoleh dari desa Uppatty, Gudalur, The Nilgiris, sebuah stasiun perbukitan di India. Buah merah yang segar dan matang dikumpulkan dan disimpan pada suhu ruangan. Buah-buahan tersebut diautentikasi oleh Botanical Survey of India, Tamil Nadu Agricultural University, Coimbatore, India. Sampel buah tersebut juga telah menerima Institutional Human Ethical Clearance untuk melakukan penelitian.





Gambar 1. Metodologi (Diagram Alur)

#### Persiapan Ekstrak

Buah dicuci, dipotong-potong menjadi potongan yang seragam, ditimbang dan dibagi menjadi tiga bagian untuk ekstraksi dengan air, etanol dan metanol. Lima gram buah dicampur dengan 50 ml masing-masing pelarut (air, etanol, metanol) dalam inkubator pengocok pada suhu 30°C dan 350 rpm selama 3 jam. Ekstrak yang diperoleh digunakan untuk mengidentifikasi fitokimia. Karena metanol adalah ekstraksi pelarut yang lebih baik dari analisis fitokimia kualitatif, ekstrak metanol menjalani ekstraksi ultrasonik lebih lanjut dalam penangas air 60°C selama 30 menit untuk digunakan untuk uji antioksidan identifikasi komponen dengan Spektrometri Massa Kromatografi Gas<sup>4</sup>.

#### Kehadiran Fitokimia

Analisis kualitatif untuk keberadaan fitokimia diidentifikasi dengan ekstraksi air, etanol dan metanol pada buah terong belanda. 5 g buah direndam dengan 50 ml air, etanol dan metanol secara terpisah. Campuran tersebut disimpan dalam inkubator pengocok selama tiga jam untuk ekstraksi sampel terkonsentrasi. Ekstrak sampel dilewatkan ke dalam dan keluar dari kertas saring Whatman No. 40 untuk memisahkan partikulat. Skrining kualitatif untuk setiap sampel diikuti sesuai pedoman standar. Keberadaan alkaloid (uji Dragendroff), dan Karbohidrat (uji Barfoed, Uji Seliwanoff dan uji pati), Glikosida (air bromin dan uji biuret), Flavonoid (uji timbal asetat dan uji besi klorida), Senyawa fenolik (uji Yodium, besi klorida dan timbal asetat) diidentifikasi sebagai prosedur dengan prosedur skrining fitokimia yang dimodifikasi<sup>5</sup>.

#### Identifikasi Gugus Fungsional dengan Spektroskopi Inframerah Transformasi Fourier

Kelompok fungsional dari sampel buah terong belanda dianalisis menggunakan teknik yang disebut Fourier Transform Infrared Spectroscopy. FTIR (*Fourier Transform Infrared Spectroscopy*) ideal untuk memberikan wawasan yang cepat dan tidak merusak ke dalam kelompok fungsional dari konstituen kimia yang ada di buah terong belanda. Bahkan memungkinkan untuk perbandingan semi-kuantitatif antara sampel. Untuk menyiapkan sampel untuk analisis, satu gram dicampur dengan etanol 80%, dikocok dengan baik dan kemudian disaring. Setiap sampel diukur tiga kali (triplikasi) dalam rentang tertentu (4000-600 cm<sup>-1</sup>) yang digunakan oleh instrumen khusus (spektrometer FTIR Vertex 70). Perangkat lunak pemrosesan data dikoreksi untuk gangguan latar belakang dan uap air. Daerah sidik jari utama (1800-800 cm<sup>-1</sup>) kemudian dianalisis. Ekstrak yang dihasilkan disentrifugasi dan disimpan pada suhu dingin (5°C) untuk analisis lebih lanjut<sup>6</sup>.

#### Analisis Komponen dengan Kromatografi Gas dan Spektrometri Massa

Kromatografi Gas Spektrometri Massa sangat cocok untuk analisis buah terong belanda karena kemampuannya untuk mengidentifikasi secara tepat komponen bioaktif buah terong belanda yang membantu pemahaman yang lebih baik untuk memaksimalkan potensi manfaat kesehatan buah terong belanda. Untuk mengidentifikasi berbagai senyawa kimia dalam ekstrak buah terong belanda, teknik Kromatografi Gas-Spektrometri Massa digunakan. Analisis Kromatografi Gas Spektrometri Massa digunakan dalam pengaturan khusus: Kolom kapiler bernama Elite-1 (terbuat dari Dimetil poli siloksan) digunakan untuk memisahkan komponen. Gas helium berfungsi sebagai pembawa, mendorong spesimen melalui kolom pada laju aliran kontinu. Sampel disuntikkan dalam volume kecil (2 mikroliter) pada rasio split 10:1. Suhu spesifik dipertahankan untuk injektor (250°C) dan sumber ion (280°C) selama proses berlangsung. Suhu oven itu sendiri mengikuti peningkatan yang diprogram, dimulai pada 110°C dan bertahan selama 2 menit, kemudian meningkat secara bertahap hingga 200°C, diikuti oleh peningkatan yang lebih tajam hingga 280°C. Akhirnya, suhu tetap stabil pada 280°C selama 9 menit tambahan. Spektrometer massa mengumpulkan data pada interval tertentu (setiap 0,5 detik) dan menganalisis fragmen dalam kisaran 45 hingga 450 Dalton (Da), satuan pengukuran untuk massa molekul. Seluruh proses berlangsung sekitar 36 menit hingga selesai<sup>7</sup>.

#### Analisis Proksimat dan Komposisi Gizi

Tingkat kelembaban dan zat kering diukur. Kadar abu ditemukan dengan analisis gravimetrik diikuti dengan pembakaran dalam tungku muffle pada suhu 600°C selama 3 jam, sesuai metode AOAC 942.05. Kandungan protein buah terong belanda dievaluasi menggunakan faktor konversi 6,25 pada kandungan nitrogen yang diukur dengan metode Kjeldahl seperti yang dinyatakan oleh metode AOAC 978.04 (AOAC, 2005). Lima gram sampel dicampur dengan 15 ml asam sulfat pekat dan diambil dalam labu pencernaan dengan sedikit campuran pencernaan sebagai katalis. Botol labu dipanaskan dengan lembut di atas mantel pemanas sampai larutan menjadi tidak berwarna, yang menunjukkan pencernaan lengkap. Sampel yang dicerna kemudian dipindahkan ke unit distilasi untuk memulihkan amonia. Selama distilasi, amonia yang dilepaskan ditangkap dalam suspensi penerima. Suspensi yang dihasilkan dititrisasi dengan asam klorida 0,1 N sampai perubahan warna menunjukkan titik akhir. Prosedur ini diulang untuk menentukan kandungan nitrogen, yang kemungkinan mengukur massa protein

dalam sampel buah<sup>8</sup>. Nilai energi buah terong belanda diperkirakan menggunakan Kalorimeter Bom<sup>9</sup>. Karbohidrat diperkirakan menggunakan metode Anthrone. Metode Soxhlet dengan petroleum eter (60-80°C) digunakan berdasarkan kelarutan lemak dalam pelarut organik. Serat makanan diperkirakan menggunakan metode enzimatis. Sampel dihilangkan lemaknya dengan petroleum eter yang dicampur dengan buffer fosfat dan pH-nya disesuaikan menggunakan NaOH atau HCl. Hidrolisis enzimatis dilakukan secara berurutan dengan  $\alpha$ -amilase, papain dan amilogucosidase dalam kondisi yang terkontrol. Serat larut diendapkan menggunakan etanol, sedangkan serat tidak larut dicuci dengan air, etanol dan aseton. Kedua residu dikeringkan pada suhu 105°C, didinginkan dan ditimbang. Persentase serat makanan yang larut dan tidak larut dihitung sesuai dengan metode AOAC. Vitamin C diukur dengan metode pewarna yang mereduksi (2,6-diklorofenol indofenol). Karoten diperoleh dengan petroleum eter dan intensitas warna dibandingkan dengan larutan standar menggunakan kolorimeter. Kandungan kalsium dalam terong belanda ditentukan dengan metode pewarnaan menggunakan kalium permanganat. Kandungan zat besi dan fosfor diperkirakan dengan metode kolorimetri.

#### Efisiensi Antioksidan

Kapasitas antioksidan total ekstrak buah terong belanda ditentukan menggunakan uji penangkal radikal bebas DPPH (2,2-difenil-1-pikrilhidrazil), seperti yang telah dijelaskan<sup>10</sup>. Berbagai konsentrasi ekstrak (berkisar dari 20 hingga 100 ppm) dicampur dengan larutan metanol DPPH dan diinkubasi dalam gelap selama 30 menit. Penurunan absorbansi dicatat pada 517 nm menggunakan spektrofotometer UV. Larutan DPPH (3 mL) digunakan sebagai blanko untuk perbandingan. Asam askorbat digunakan sebagai kontrol positif, dan kurva kalibrasi dibuat menggunakan pembacaan kerapatan optik (OD) rangkap tiga dari ekstrak dan kontrol untuk mengukur aktivitas antioksidan. Setiap pengukuran dilakukan rangkap tiga, dan pengukuran aktivitas penangkal radikal DPPH diukur untuk ekstrak buah terong belanda dan standar asam askorbat, mengikuti studi<sup>11</sup>.

Aktivitas pemulungan antioksidan % =  $(A_c - A_s) / A_c \times 100$

Di mana,  $A_c$  menunjukkan ukuran absorbansi larutan kontrol, dan  $A_s$  menunjukkan ukuran absorbansi larutan standar (yang digunakan untuk kalibrasi).

#### Analisis Statistik

Analisis proksimat dan zat gizi dilakukan dalam rangkap tiga dan hasilnya ditunjukkan sebagai nilai rata-rata dan simpangan baku. Untuk aktivitas antioksidan,

ANOVA satu arah dilakukan untuk menilai perbedaan signifikan ( $p < 0,001$ ) antara sampel buah standar dan buah terong belanda. Penelitian ini mencakup perhitungan nilai rata-rata, simpangan baku, dan nilai  $p$ . Analisis statistik dilakukan menggunakan perangkat lunak statistik IBM SPSS versi 25.

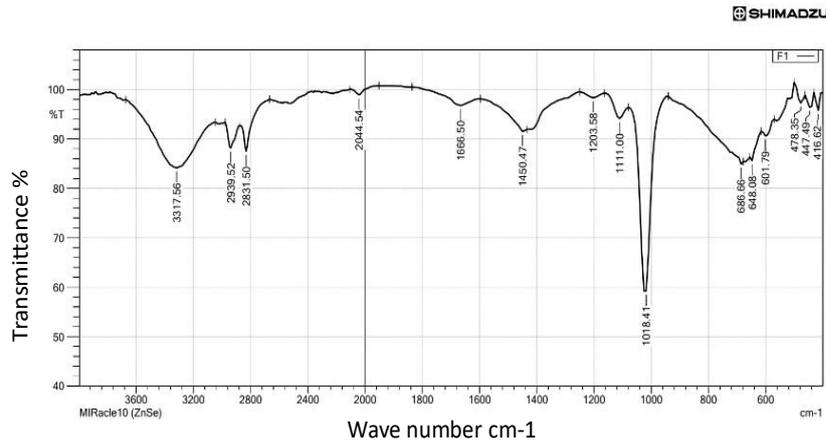
## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Profil Fitokimia Buah Terong Belanda

Analisis kualitatif dari suspensi buah terong belanda segar menunjukkan keberadaan banyak fitokimia. Buah terong belanda kaya akan berbagai fitokimia, masing-masing dengan manfaat kesehatannya sendiri yang unik. Khususnya, ekstrak metanol menunjukkan sejumlah besar alkaloid, flavonoid, glikosida, terpenoid, dan senyawa fenolik. Sebaliknya, saponin sama sekali tidak ada dalam semua ekstrak buah terong belanda yang diteliti. Ekstrak air dan etanol juga mengandung berbagai fitokimia, termasuk sterol, antrakuinon, antosianin, protein, dan karbohidrat. Polifenol, kelas antioksidan, dapat menangkal spesies oksigen reaktif dan mengamankan sel dari kerusakan oksidatif. Flavonoid, kelompok antioksidan lainnya, memiliki sifat antibakteri dan antivirus selain efek antioksidannya. Karotenoid, yang bertanggung jawab atas warna buah yang cerah memiliki sifat nutrasetika dan menawarkan berbagai manfaat kesehatan. Antosianin, jenis flavonoid dapat mencegah oksidasi lipid, mengurangi ancaman penyakit kardiovaskular<sup>12</sup>. Efek sinergis dari fitokimia ini menjadikan buah terong belanda sebagai buah yang bergizi dan menyehatkan. Temuan ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menekankan potensi manfaat kesehatan yang terkait dengan senyawa ini<sup>3</sup>. Misalnya, terpenoid telah dikaitkan dengan penghambatan berbagai penyakit, termasuk kanker. Flavonoid menawarkan perlindungan terhadap kerusakan sel oksidatif dan dapat membantu mengelola diabetes. Sterol berkontribusi terhadap penurunan kolesterol dan pengaturan sistem kekebalan tubuh sementara glikosida diketahui dapat meningkatkan sistem kekebalan tubuh.

### Identifikasi Gugus Fungsi Menggunakan FTIR

Spektrum FT-IR digunakan untuk mengidentifikasi gugus fungsi primer yang terdapat dalam komponen penting buah terong belanda. Analisis ini mengonfirmasi keberadaan berbagai senyawa, termasuk aromatik, senyawa nitro, asam karboksilat, alkana, dan fenol<sup>3</sup>. Pada suspensi metanol buah terong belanda, spektrum FT-IR dari gugus fungsi berturut-turut dapat digunakan untuk membuktikan adanya komponen bioaktif seperti:  $\text{OH}_{\text{alkohol/fenolik}}$  (3300-2900  $\text{cm}^{-1}$ ),  $\text{C}=\text{C}_{\text{aromatik}}$  (1600-1450 $\text{cm}^{-1}$ ),  $\text{C}-\text{H}_{\text{aromatik}}$  (680-470 $\text{cm}^{-1}$ ).



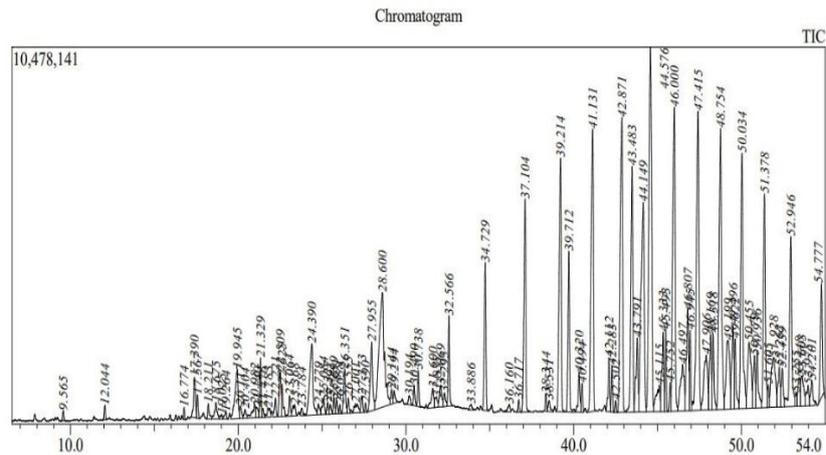
Gambar 2. Spektrum FTIR ekstrak metanol buah terong Belanda

Spektrum FTIR buah terong belanda menunjukkan komposisi pada pengamatan di seluruh 2970 hingga 879  $\text{cm}^{-1}$ . Daerah yang beragam menampilkan lebih banyak puncak yang mengenali rentang pengamatan yang berbeda untuk menawarkan daerah yang berbeda; pita sedang dan tajam pada 3695  $\text{cm}^{-1}$  untuk gugus alkohol regangan O-H, keberadaan vibrasi regangan C-H kekuatan sedang di sekitar 3000-2840  $\text{cm}^{-1}$  menunjukkan alkena dalam sampel. Pita regangan C=O yang kuat yang diamati di daerah 1745-1710  $\text{cm}^{-1}$  menunjukkan keberadaan asam karboksilat, keton alifatik atau aldehida. Pita regangan N-O yang kuat yang diamati di daerah 1600-1300  $\text{cm}^{-1}$  menunjukkan keberadaan senyawa nitro, 1400-1000  $\text{cm}^{-1}$  gugus asam karboksilat tekukan O-H yang kuat yang setara dengan penelitian sebelumnya<sup>13</sup>. Spektroskopi *Fourier-Transform Infrared* (FTIR) mengungkap variasi komposisi kimia yang berbeda dalam sampel terong belanda, khususnya dalam rentang bilangan gelombang 1800–1600  $\text{cm}^{-1}$ . Sementara sidik jari spektral keseluruhan tetap konsisten, intensitas pita-pita tertentu berbeda. Variasi intensitas ini berhubungan dengan perubahan dalam gugus fungsi tertentu sebagaimana dibuktikan oleh puncak-puncak karakteristik pada bilangan gelombang yang berbeda: 3317  $\text{cm}^{-1}$  (regangan O-H dalam air) dan terikat dengan fenol yang mengonfirmasi aktivitas antioksidan buah, 2939  $\text{cm}^{-1}$  (regangan C-H dalam asam lemak), 1666  $\text{cm}^{-1}$

(regangan C=O dalam metil ester), 1630  $\text{cm}^{-1}$  (regangan asimetris karboksilat), 1450  $\text{cm}^{-1}$  (regangan simetris karboksilat), dan 1018  $\text{cm}^{-1}$  (regangan C=O dan C-C dalam asam)<sup>14</sup>. Khususnya, daerah antara 1300 dan 800  $\text{cm}^{-1}$  menunjukkan perubahan signifikan, menyerupai daerah sidik jari pektin jeruk, yang menunjukkan adanya kandungan metoksil pektin yang tinggi dalam terong belanda. Hasil FTIR juga menunjukkan beberapa kesamaan dengan puncak karakteristik inulin (3270–2929  $\text{cm}^{-1}$  dan 1025–985  $\text{cm}^{-1}$ ).<sup>15</sup>.

#### Identifikasi Komponen Metabolit dengan Kromatografi Gas dan Spektrometri Massa

Analisis Gas Chromatography Mass Spectrometry pada buah terong belanda mengungkap keberadaan 9 komponen bioaktif penting yang memiliki berbagai khasiat bermanfaat bagi kesehatan manusia. Senyawa-senyawa ini berpotensi mencegah perkembangan berbagai patologi, menjadikan buah terong belanda sebagai sumber senyawa alami yang berharga dengan aplikasi terapeutik. Dalam penelitian ini, analisis Gas Chromatography Mass Spectrometry pada ekstrak metanol buah terong belanda mengungkap keberadaan berbagai senyawa, termasuk beta-Bisabolene dan asam lemak seperti asam heksadekanoat (asam palmitat).

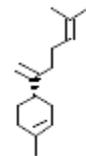
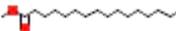
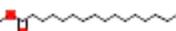


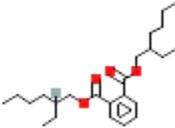
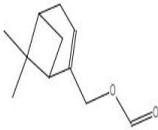
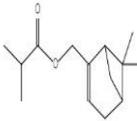
**Gambar 3.** Kromatogram GC-MS ekstrak metanol buah terong belanda

Analisis mengidentifikasi berbagai senyawa, dengan beta-Bisabolene yang keluar pertama (18,2 menit) dan Dotriacontane yang keluar terakhir (40 menit)<sup>16</sup>. Khususnya, asam cis-9-heksadekanoat, asam lemak dengan sifat antimikroba, antioksidan, dan antiradang yang dilaporkan, terdeteksi dalam terong

belanda pada waktu retensi 27-28 menit. Eikosana adalah asam lemak tak jenuh ganda berkarbon 20 yang bertindak sebagai membran sel, menjaga integritas dan fluiditas, penyimpanan energi, sifat antiradang, dan berperan dalam metabolisme glukosa.

**Tabel 1.** Mengidentifikasi komponen utama yang ditemukan dalam buah terong belanda melalui analisis GC-MS

| Nama Senyawa   | RT (menit) | Daerah   | Rumus Molekul                                  | Struktur Kimia   | Bioaktivitas   |
|--|------------|----------|--|--|--|
| beta-Bisabolen   | 18.2       | 3019048  | C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>                |  | Beta-Bisabolene meningkatkan dan menyerap Beta-karoten, yang ditemukan dalam buah terong belanda dapat membuat produk nutraceutical. |
| Asam 1,2-benzenedikarboksilat,                                   | 26         | 118380   | C <sub>12</sub> H <sub>14</sub> O <sub>4</sub> |  | Aditif tidak langsung  |
| Asam heksadekanoat, metil ester                                  | 27         | 3388534  | C <sub>17</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub> |  | Aktivitas antimikroba, antibakteri, antioksidan, antitumor, kemopreventif  |
| Asam n-Heksadekanoat<br>Asam palmitat<br>Pentadekana Karboksilat | 28         | 69530053 | C <sub>16</sub> H <sub>32</sub> O <sub>2</sub> |  | Menjaga integritas dan fluiditas, metabolisme glukosa  |

| Nama Senyawa                         | RT (menit) | Daerah   | Rumus Molekul | Struktur Kimia   | Bioaktivitas  |
|--------------------------------------|------------|----------|---------------|--|---|
| Heneikosana, Eikosana                | 30-40      | 11645351 | C26H46        |    | Obat anti inflamasi   |
| Bis(2-etilheksil) ftalat             | 39         | 28533016 | C24H38O4      |    | Tiroid dan keseimbangan energi serta metabolisme  |
| Dotriakontana                        | 42         | 81515253 | C32H66        |    | Antimikroba, antioksidan, antispasmodik, antibakteri, dan antivirus.                      |
| Format mirtenil                      |            |          | C11H16O2      |  | Dikenal juga sebagai monoterpenoid. Digunakan dalam pengobatan gangguan neurodegeneratif. |
| Asam isobutyric, ester 2-pinen-10-yl |            |          | C14H22O2      |  | Anti inflamasi, pengobatan kanker prostat   |

Beta-bisabolene adalah zat yang meningkatkan kemampuan tubuh untuk menyerap beta-karoten, zat gizi yang terdapat dalam berbagai buah dan sayuran. Oleh karena itu, kami sarankan untuk memasukkan terong belanda ke dalam salad, jus, saus, dan makanan penutup setiap hari untuk meningkatkan kesehatan. Konsumsi tersebut dapat meningkatkan khasiat produk nutraceutical, yang merupakan suplemen yang memberikan manfaat kesehatan. Buah terong belanda juga dapat digunakan untuk membuat selai, jeli, acar, dan hidangan kuliner lainnya. Istilah ini merupakan deskripsi kemampuan zat untuk berfungsi sebagai antioksidan (melindungi sel dari kerusakan) dan antimikroba (membunuh kuman). Efek berbahaya dari metil ester asam heksadekanoat mirip dengan efek zat yang merusak sel darah merah atau mengurangi efek hormon pria. Inhibitor 5-Alfa reduktase adalah molekul spesifik yang mencegah konversi testosteron ke bentuk yang lebih kuat. Selain itu, ada istilah yang menunjukkan potensi efek dan potensinya untuk mencegah penyakit (efek kemopreventif dan antitumor). Asam palmitat dan asam n-heksadekanoat merupakan dua komponen terpenting membran sel. Molekul ini memiliki berbagai fungsi.

Molekul ini berperan dalam fleksibilitas dan kekuatan membran, sehingga menjaga fluiditas dan integritasnya. Sel juga dapat menggunakannya untuk penyimpanan energi.

Fungsi kelenjar tiroid yang tepat sangat penting untuk menjaga keseimbangan energi yang sehat dalam tubuh kita, dan bis(2-etilheksil) ftalat berperan dalam proses ini. Metabolisme, proses di mana tubuh kita mengubah makanan menjadi energi yang dapat digunakan, diatur oleh hormon yang diproduksi oleh kelenjar ini. Kelompok istilah dotriakontana menggambarkan berbagai sifat yang mungkin dimiliki suatu zat yang dapat menguntungkan bagi kesehatan. Misalnya, antimikroba dan antibakteri keduanya didefinisikan sebagai kapasitas untuk melawan kuman. Namun, antimikroba memiliki cakupan yang lebih luas dan juga dapat menargetkan jamur atau virus. Suatu zat yang melindungi sel dari kerusakan yang disebabkan oleh molekul yang tidak stabil disebut sebagai antioksidan. Istilah "antispasmodik" menunjukkan kapasitas untuk mengendurkan otot, yang dapat bermanfaat dalam meredakan kram atau kejang. Terakhir, istilah "antivirus" mengacu pada suatu zat yang mampu melawan virus,

yang merupakan agen infeksius yang menyebabkan penyakit seperti flu biasa. Sekelompok senyawa alami yang ditemukan dalam banyak tanaman dikenal sebagai monoterpenoid, atau hanya monoterpena. Monoterpenoid tertentu telah terbukti memiliki sifat analgesik dan anti-inflamasi, yang mungkin terbukti bermanfaat dalam pengobatan kondisi seperti radang sendi. Gangguan neurodegeneratif adalah kondisi yang mengakibatkan kerusakan progresif pada sistem saraf. Para ilmuwan saat ini sedang menyelidiki potensi monoterpenoid untuk mengobati kondisi ini. Fitur asam isobutirat dan ester 2-pinen-10-yl menunjukkan bahwa mereka dapat menciptakan senyawa yang kuat. Mereka memiliki sifat anti-inflamasi yang dapat membantu meredakan nyeri dan pembengkakan. Mereka juga dapat menjadi bronkodilator, yang dapat membantu asma dengan membuka saluran udara paru-paru. Selain itu, penelitian menunjukkan potensi penggunaannya dalam mengobati kanker prostat dan sifat penghilang rasa sakitnya<sup>16</sup>.

#### Kandungan Gizi dan Proksimal Buah Terong Belanda

Analisis rangkap tiga dilakukan untuk menentukan komponen proksimal dan zat gizi. Terong belanda segar menunjukkan kadar air yang tinggi (81%) dalam sampel yang menunjukkan bahwa terong belanda memiliki daya rusak yang tinggi<sup>17</sup> dan juga dapat dipengaruhi oleh metode penyimpanan dan pemrosesan<sup>11</sup>. Kandungan abu (10,2 g/100 g) mencerminkan jumlah profil mineral total. Kandungan karbohidrat yang rendah (7,2 g/100 g) menghasilkan nilai energi yang rendah. Khususnya, kandungan serat makanan yang tinggi (47,3 g/100 g) menawarkan manfaat potensial bagi kesehatan pencernaan dan dapat mengurangi risiko penyakit jantung koroner (PJK) dan beberapa jenis tumor<sup>12</sup>. Analisis tersebut juga mengungkap kadar zat besi yang tinggi, yang penting untuk pembentukan sel darah merah dan pertumbuhan secara keseluruhan. Terong belanda menunjukkan kemampuan luar biasa untuk menahan fosfor dan memiliki kandungan vitamin C tertinggi (27,6 mg/100 g) di antara sampel lainnya. Vitamin C merupakan molekul antioksidan yang penting dalam tanaman, dan buah-buahan merupakan sumber utama vitamin<sup>10</sup>. Asam askorbat (vitamin C), zat gizi penting yang terutama

diperoleh dari buah-buahan dan sayur-sayuran, berperan ganda dalam pencegahan penyakit (misalnya penyakit kudis) dan berfungsi sebagai antioksidan biologis<sup>18</sup>. Lebih jauh lagi, keberadaan beta-karoten (832,6 mcg) menunjukkan bahwa terong belanda mungkin merupakan sumber yang berharga bagi individu yang berisiko kekurangan vitamin A. Karotenoid, seperti beta-karoten, juga menunjukkan sifat antioksidan, yang memungkinkannya menetralkan radikal bebas dan radikal peroksil.  $\beta$ -karoten berfungsi sebagai penghambat oksidasi lipoprotein dan dibedakan menjadi  $\beta$ -kriptoksantin, aktivitas antioksidannya dua kali lipat telah ditemukan. Selain itu, manfaatnya dalam mengurangi bahaya kanker, penyakit kardiovaskular, dan peningkatan respons imun terbukti dalam penelitian sebelumnya<sup>19</sup>. Sebuah penelitian menyebutkan bahwa konsumsi terong belanda selama kehamilan dapat mencegah anemia setelah melahirkan dan mengisi kembali simpanan zat besi<sup>21</sup>. Sebuah studi oleh Vasco menunjukkan bahwa kapasitas antioksidan secara signifikan lebih besar ( $p$ -value<0,05) pada varietas ungu-merah dibandingkan dengan varietas kuning keemasan terong belanda<sup>22</sup>. Menurut penelitian lain, total fenolik, total flavonoid dan aktivitas antioksidan terong belanda secara signifikan lebih tinggi daripada tomat<sup>2</sup>.

#### Aktivitas Antioksidan Buah Terong Belanda

Nilai IC50, yang merupakan singkatan dari "half maximal inhibitory concentration," adalah ukuran yang digunakan untuk mengetahui konsentrasi sampel buah terong belanda yang diperlukan untuk menghambat 50% radikal tertentu. Nilai ini umumnya digunakan untuk menilai aktivitas antioksidan berbagai sampel, seperti ekstrak atau senyawa tanaman. Semakin rendah nilai IC50, semakin efektif sampel dalam menghambat radikal, yang menunjukkan bahwa hal itu meningkatkan efisiensi aktivitas antioksidan. Aktivitas antioksidan buah terong belanda dengan ekstrak metanol dilakukan pada hasil yang ditunjukkan pada Tabel 2. Sebuah penelien<sup>23</sup> menunjukkan bahwa ekstrak buah terong belanda yang memiliki nilai IC50 berkisar antara 50 hingga 100 mg/mL dianggap memiliki aktivitas antioksidan sedang. Sementara itu, ekstrak dengan nilai IC50 berkisar antara 10 hingga 50 mg/mL dianggap memiliki aktivitas antioksidan kuat.

**Tabel 2.** Aktivitas antioksidan buah terong belanda

| Konsentrasi        | Standar (Asam askorbat) | Buah Terong Belanda | p-value |
|--------------------|-------------------------|---------------------|---------|
| 20 $\mu$ L         | 65,6                    | 70                  |         |
| 40 $\mu$ L         | 68                      | 72,6                |         |
| 60 $\mu$ L         | 71,1                    | 74,4                |         |
| 80 $\mu$ L         | 73,4                    | 76                  | 0,001   |
| 100 $\mu$ L        | 74,68                   | 80                  |         |
| IC50               | 58,5                    | 22,1                |         |
| Rata-rata $\pm$ SD | 70,45 $\pm$ 3,68        | 74,6 $\pm$ 3,75     |         |

Nilai rata-rata  $\pm$ SD (Standar Deviasi - penentu dalam rangkap tiga). Nilai IC50 dan p-value menunjukkan perbedaan yang signifikan ( $p$ -value=0,001) berdasarkan uji sampel berpasangan T.

Uji DPPH menunjukkan bahwa ekstrak metanol buah lebih baik dalam melawan radikal bebas daripada

larutan standar asam askorbat. Kesimpulan ini menyiratkan bahwa terong belanda memiliki kapasitas

antioksidan yang luar biasa, bahkan melampaui sumber antioksidan yang terkenal seperti tomat. Oleh karena itu, uji ini menunjukkan perbedaan yang signifikan secara statistik antara ekstrak buah terong belanda standar dan terong belanda sebesar  $p\text{-value} < 0,001$ , dengan interval kepercayaan 95%. Terong belanda merupakan sumber berkualitas tinggi untuk suplemen makanan alami karena kapasitas antioksidannya yang tinggi<sup>24</sup>. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa aktivitas tinggi tersebut kemungkinan merupakan hasil dari keberadaan berbagai fitokimia, seperti senyawa fenolik seperti asam hidroksisinamoil dan asam rosmarinat, yang telah terbukti memiliki potensi penangkal yang luar biasa<sup>25</sup>. Radikal bebas dinetralkan oleh antioksidan alami, yang diketahui menghambat perkembangan penyakit yang lebih kronis. Penelitian telah menunjukkan bahwa buah terong belanda memiliki sifat antioksidan yang kuat, yang kemungkinan besar disebabkan oleh konsentrasi senyawa fenolik, vitamin C, dan karotenoid yang tinggi. Kapasitas antioksidan ekstrak dinilai menggunakan nilai IC50 dalam penelitian ini, yang menunjukkan korelasi positif dengan aktivitas antioksidan. Dibandingkan dengan asam askorbat biasa, ekstrak buah terong belanda menunjukkan kemampuan yang jauh lebih tinggi untuk menetralkan radikal DPPH dan mengurangi daya. Kinerja yang luar biasa ini kemungkinan besar disebabkan oleh profil zat gizi terong belanda, yang kaya akan vitamin C, senyawa fenolik, dan karotenoid. Buah terong belanda adalah buah yang sangat menjanjikan untuk pengembangan produk fungsional karena melimpahnya komponen bioaktif dan serat makanan<sup>11</sup>.

Studi ini secara efektif menggunakan kromatografi gas spektrometri massa untuk mendeteksi berbagai metabolit dalam buah terong belanda dan spektroskopi inframerah transformasi Fourier untuk mengidentifikasi gugus fungsi tertentu. Perbedaan profil fitokimia di antara ekstrak air, etanol, dan metanol disorot oleh proses penyaringan fitokimia, yang menyiratkan bahwa pelarut yang berbeda mungkin lebih efektif untuk mengekstraksi senyawa tertentu. Investigasi ini memverifikasi aktivitas antioksidan buah terong belanda dengan mengidentifikasi gugus fungsi dan komponennya. Ini mengisi celah dengan berfokus pada terong belanda, yang belum banyak dipelajari di India meskipun ditemukan di seluruh dunia, mendorong orang untuk memakannya dan mengeksplorasi manfaat kesehatannya. Di masa mendatang, keterbatasan studi ini adalah bahwa ia terutama berkonsentrasi pada varietas buah terong belanda merah, tetapi tidak memberikan perbandingan terperinci dengan varietas lain. Meskipun secara kualitatif mengidentifikasi berbagai fitokimia, analisis kuantitatif akan menawarkan informasi yang lebih tepat mengenai kelimpahan senyawa. Adalah menguntungkan untuk menggunakan asam askorbat sebagai kontrol positif; namun, penyertaan kontrol negatif akan meningkatkan hasil dengan menetapkan dasar untuk perbandingan. Studi in vivo diperlukan untuk mengonfirmasi manfaat kesehatan, seperti mencegah kanker atau penyakit, karena hanya menggunakan uji antioksidan in vitro (seperti DPPH) tidak sepenuhnya menunjukkan cara kerja sistem biologis yang kompleks.

## KESIMPULAN

Studi ini menyoroti manfaat kesehatan buah terong belanda, dengan menunjukkan bahwa buah ini memiliki banyak serat makanan, zat gizi penting, dan senyawa bermanfaat yang mendukung pencernaan, meningkatkan sistem kekebalan tubuh, dan melawan radikal bebas, terutama jika dibandingkan dengan tomat dari studi sebelumnya. Sifat antioksidan, antimikroba, dan antiperadangannya semakin ditingkatkan dengan adanya senyawa fenolik, flavonoid, dan terpenoid. Akibatnya, buah terong belanda berpotensi menjadi buah nutrasetika yang dapat dimasukkan ke dalam makanan sehari-hari untuk meningkatkan kesehatan manusia karena kapasitas antioksidannya yang kuat dan manfaatnya yang meningkatkan kesehatan. Namun, penelitian tambahan diperlukan untuk memvalidasi efeknya, meningkatkan metode penyimpanan, dan menyelidiki penggabungannya ke dalam makanan fungsional.

## ACKNOWLEDGEMENT

Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada Advance Research Laboratory, Institut Avinashilingam atas pelaksanaan studi eksperimental dan menyampaikan rasa terima kasih kepada Departemen Kesejahteraan Adi Dravidar, Tamil Nadu, India atas Beasiswa yang diberikan kepada seluruh program gelar Doktor.

## KONFLIK KEPENTINGAN DAN SUMBER PENDANAAN

Semua penulis menyatakan bahwa mereka tidak memiliki konflik kepentingan. Tidak ada pendanaan untuk pelaksanaan studi ini.

## KONTRIBUSI PENULIS

AS: Menyusun metodologi, menganalisis dan menginterpretasikan data, menyiapkan draft naskah, analisis statistik. CAK: Melakukan supervisi dan bimbingan, memberikan opini dan peninjauan, masukan dan saran untuk penulisan naskah, penyuntingan dan validasi.

## REFERENSI

1. Suganya, A, & K. C. A. Nutrient retention and antioxidant activity of preserved foods of tamarillo (*Cyphomandra betacea*). *International Journal of Food and Nutritional Sciences* *Nutrient retention and antioxidant activity of preserved foods of tamarillo (Cyphomandra betacea* **11**, 111–116 (2022).
2. Nor, N. Z. N. M., K. F., F. S. F. Z. M., & B. M. A. L. A. Comparison of physicochemical, antioxidant properties and sensory acceptance of puree from tamarillo and tomato. *Journal of Science and Technology* **3**, (2018).
3. Abdul Mutalib, M., Rahmat, A., Ali, F., Othman, F. & Ramasamy, R. Nutritional Compositions and Antiproliferative Activities of Different Solvent Fractions from Ethanol Extract of *Cyphomandra betacea* (Tamarillo) Fruit. *Malaysian Journal of Medical Sciences* **24**, 19–32 (2017).
4. Reyes-García, V. *et al.* Exploration of the Potential Bioactive Molecules of Tamarillo (*Cyphomandra*

- betacea): Antioxidant Properties and Prebiotic Index. *Applied Sciences* **11**, 11322 (2021).
5. Shaikh, J. R. & Patil, M. Qualitative tests for preliminary phytochemical screening: An overview. *Int J Chem Stud* **8**, 603–608 (2020).
  6. Rito, M. *et al.* Antioxidant Potential of Tamarillo Fruits—Chemical and Infrared Spectroscopy Analysis. *Antioxidants* **12**, 536 (2023).
  7. Lim, D. K. *et al.* Optimized Mass Spectrometry-Based Metabolite Extraction and Analysis for the Geographical Discrimination of White Rice (*Oryza sativa* L.): A Method Comparison Study. *JAOC Int* **101**, 498–506 (2018).
  8. Nallakurumban, P., S. N., V. A., G. P. S., & K. L. Estimation of phytochemicals and antioxidant property of tamarillo (*Solanum betaceum*) and a value-added product tamarillo sauce. *Int J Sci Prog Res* **2**, 61–65 (2015).
  9. Azizi, M. N. *et al.* Chemical Compositions of Brown and Green Seaweed, and Effects on Nutrient Digestibility in Broiler Chickens. *Animals* **11**, 2147 (2021).
  10. Amini, M. H. *et al.* Phytochemical Screening and Antioxidant Activity of *Heracleum afghanicum* Kitamura leaves. *Res J Pharm Technol* **10**, 3498 (2017).
  11. Mohamad Salin, N. S., Md Saad, W. M., Abdul Razak, H. R. & Salim, F. Effect of Storage Temperatures on Physico-Chemicals, Phytochemicals and Antioxidant Properties of Watermelon Juice (*Citrullus lanatus*). *Metabolites* **12**, 75 (2022).
  12. Viera, W. *et al.* Phytochemical Characterization of a Tree Tomato (*Solanum betaceum* Cav.) Breeding Population Grown in the Inter-Andean Valley of Ecuador. *Plants* **11**, 268 (2022).
  13. Martin, D. *et al.* Nutraceutical properties of tamarillo fruits: A vibrational study. *Spectrochim Acta A Mol Biomol Spectrosc* **252**, 119501 (2021).
  14. Kaijanen, L., Paakkunainen, M., Pietarinen, S., Jernström, E. & Reinikainen, S.-P. Ultraviolet Detection of Monosaccharides: Multiple Wavelength Strategy to Evaluate Results after Capillary Zone Electrophoretic Separation. *Int J Electrochem Sci* **10**, 2950–2961 (2015).
  15. Osorio, C. *et al.* Chemical characterisation of anthocyanins in tamarillo (*Solanum betaceum* Cav.) and Andes berry (*Rubus glaucus* Benth.) fruits. *Food Chem* **132**, 1915–1921 (2012).
  16. Singh, A. K. *et al.* Phytochemicals, Antioxidant, Anti-inflammatory Studies, and Identification of Bioactive Compounds Using GC–MS of Ethanolic Novel Polyherbal Extract. *Appl Biochem Biotechnol* **195**, 4447–4468 (2023).
  17. Abdul Mutalib, M., Rahmat, A., Ali, F., Othman, F. & Ramasamy, R. Nutritional Compositions and Antiproliferative Activities of Different Solvent Fractions from Ethanolic Extract of *Cyphomandra betacea* (Tamarillo) Fruit. *Malaysian Journal of Medical Sciences* **24**, 19–32 (2017).
  18. Diep, T. T., Rush, E. C. & Yoo, M. J. Y. Tamarillo (*Solanum betaceum* Cav.): A Review of Physicochemical and Bioactive Properties and Potential Applications. *Food Reviews International* **38**, 1343–1367 (2022).
  19. Diep, T., Pook, C. & Yoo, M. Phenolic and Anthocyanin Compounds and Antioxidant Activity of Tamarillo (*Solanum betaceum* Cav.). *Antioxidants* **9**, 169 (2020).
  20. Diep, T. T., Pook, C., Rush, E. C. & Yoo, M. J. Y. Quantification of Carotenoids,  $\alpha$ -Tocopherol, and Ascorbic Acid in Amber, Mulligan, and Laird's Large Cultivars of New Zealand Tamarillos (*Solanum betaceum* Cav.). *Foods* **9**, 769 (2020).
  21. Simbolon, J. L. & Sitompul, E. S. Tamarillo Juice (*Solanum betaceum* Cav) as An Alternative to Increase Hemoglobin Levels for Pregnant Women with Anemia. *Babali Nursing Research* **2**, 106–119 (2021).
  22. Vasco, C., Avila, J., Ruales, J., Svanberg, U. & Kamal-Eldin, A. Physical and chemical characteristics of golden-yellow and purple-red varieties of tamarillo fruit (*Solanum betaceum* Cav.). *Int J Food Sci Nutr* **60**, 278–288 (2009).
  23. Jadid, N. *et al.* Antioxidant activities of different solvent extracts of *Piper retrofractum* Vahl. using DPPH assay. in 020019 (2017). doi:10.1063/1.4985410.
  24. Chen, X., Fedrizzi, B., Kilmartin, P. A. & Quek, S. Y. Development of volatile organic compounds and their glycosylated precursors in tamarillo (*Solanum betaceum* Cav.) during fruit ripening: A prediction of biochemical pathway. *Food Chem* **339**, 128046 (2021).
  25. Liu, Q. *et al.* Bioactive Components and Anticancer Activities of Spray-Dried New Zealand Tamarillo Powder. *Molecules* **27**, 2687 (2022).