

RESEARCH STUDY

Versi Bahasa

OPEN ACCESS

Analisis Kapasitas Antioksidan dan Sensori Minuman Serbuk Anggur Laut sebagai Terapeutik Obesitas

The Analysis of Antioxidant Capacities and Sensory in Sea Grapes (Caulerpa racemosa) Powdered Drink as a Therapeutic Obesity

Dwi Santy Damayati^{1,4}, Evy Damayanthi^{1*}, Hadi Riyadi¹, I Wayan Teguh Wibawan², Ekowati Handharyani³¹Departement of Community Nutrition, Faculty of Human Ecology, IPB University, Bogor, Indonesia²Departement of Animal Infectious Diseases and Veterinary Public Health, Faculty of Veterinary Medicine, IPB University, Bogor, Indonesia³Departement of Clinic, Reproduction and Pathology, Faculty of Veterinary Medicine, IPB University, Bogor, Indonesia⁴Departement of Public Health Faculty Medicine and Health Science in UIN Alauddin Makassar, Makassar, Indonesia**INFO ARTIKEL**

Received: 31-05-2022

Accepted: 21-09-2022

Published online: 09-06-2023

***Koresponden:**

Evy Damayanthi

edamayanthi@apps.ipb.ac.id

DOI:

10.20473/amnt.v7i2.2023.175-184

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:**

Antioksidan, Gum Arabic, Minuman energi, Anggur laut, Analisis Sensori

ABSTRAK

Latar Belakang: Obesitas merupakan masalah global yang meningkat secara simultan. Akumulasi lemak yang tinggi dalam tubuh menyebabkan peradangan kronis tingkat ringan. Pengembangan minuman lokal berbasis Anggur laut (*Caulerpa racemosa*) diharapkan memiliki potensi kapasitas antioksidan yang tinggi sehingga menjadi minuman alternatif terapeutik bagi orang obesitas. Anggur laut mudah rusak sehingga diperlukan pengeringan yang tepat guna menjaga potensi antioksidan, sedangkan penambahan bahan enkapsulasi berupa gum arab diharapkan dapat meningkatkan daya terima minuman Anggur laut.

Tujuan: Untuk menganalisa kapsitas antioksidan dan daya terima dari minuman serbuk anggur laut (*Caulerpa racemosa*).

Metode: Desain penelitian yang digunakan adalah eksperimen laboratorium rancangan acak lengkap dengan perlakuan konsentrasi gum arab 2,5%, 5% dan 10% dan 3 kali ulangan dengan sampel minuman serbuk anggur laut. Sampel dianalisa kapasitas antioksidan DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl), CUPRAC (Cupric Ion Reducing Antioxidant Capacity) dan FRAP (Ferric Reducing Antioxidant Power). Data dianalisa menggunakan Anova dan uji lanjut Duncan.

Hasil: Semakin tinggi konsentrasi gum arab maka kemampuan antioksidannya akan semakin meningkat secara signifikan. Nilai DPPH, CUPRAC dan FRAP pada 10% gum arab berturut-turut 13,21±0,1 mg/100g, 25,26±0,5 mg/g dan 2,89±0,3mg/g. Berdasarkan hasil uji sensori panelis cenderung lebih menyukai 10% gum arab.

Kesimpulan: Minuman serbuk anggur laut dengan konsentrasi 10% gum arab memiliki potensi sebagai minuman terapeutik obesitas yang memiliki kapasitas antioksidan tertinggi dan dapat diterima secara sensori.

PENDAHULUAN

Gaya hidup yang berkembang saat ini, seperti asupan kalori dan lemak yang tinggi, dengan ketidakseimbangan energi telah mengakibatkan peningkatan prevalensi obesitas dan penyakit penyertanya yang menjadi masalah kesehatan utama¹. Berdasarkan tinjauan meta-analisis yang menunjukkan kecenderungan paralel antara peningkatan konsumsi minuman berkalori tinggi dan epidemik obesitas, diabetes melitus, hipertensi, dan risiko tinggi kanker pada usia muda dan dewasa^{2,3}. Pada kondisi obesitas, terjadinya kelebihan kalori menyebabkan penimbunan lemak pada jaringan adiposa yang kemudian merangsang pelepasan mediator inflamasi seperti *tumor necrosis factor* (TNF) dan interleukin 6, menekan produksi adiponin, predisposisi keadaan pro-inflamasi dan stres oksidatif⁴. Obesitas juga membuat jaringan adiposa

membesar dan bila kondisi ini berlangsung lama maka akan menjadi hipoksia dan memicu reaksi berantai inflamasi⁵.

Prevalensi obesitas di seluruh dunia adalah sejumlah 1,9 miliar orang, dengan 39% kelebihan berat badan dan 13% obesitas⁶. Peningkatan jumlah kasus obesitas juga terjadi di negara berkembang, termasuk Indonesia⁷. Menurut Riset Kesehatan Dasar, obesitas meningkat 11,8% dalam 11 tahun dari tahun 2007 hingga 2018 di Indonesia⁸.

Salah satu strategi pencegahan obesitas adalah memperbaiki pola konsumsi makanan dengan meningkatkan makanan yang mengandung antioksidan⁹. Berdasarkan hasil studi epidemiologi menunjukkan bahwa negara-negara dengan jumlah kasus obesitas yang rendah memiliki masyarakat yang sering mengkonsumsi rumput laut sehingga rendahnya kasus obesitas

disebabkan oleh kandungan antioksidan dalam rumput laut¹⁰. Upaya pemerintah Indonesia dalam mengembangkan dan mempercepat pangan berbasis bahan pangan lokal telah menjadi rencana strategis tahun 2020-2024⁹. Pangan lokal yang mengandung senyawa bioaktif dapat berfungsi sebagai pangan fungsional bagi tubuh manusia, salah satunya anggur laut. Menurut Peraturan Kepala Badan POM Nomor: HK.03.1.23.11.11.09909 Tahun 2011, pengertian pangan fungsional adalah pangan olahan yang mengandung satu atau lebih komponen pangan yang berdasarkan kajian ilmiah memiliki fungsi fisiologis tertentu di luar fungsi dasarnya dan telah terbukti tidak berbahaya dan bermanfaat bagi kesehatan manusia¹¹.

Anggur laut (*Caulerpa racemosa*) ditemukan pada tahun 1926 di pantai Tunisia di perairan Mediterania, Kepulauan Atlantik (Kepulauan Canary), merupakan alga makro berwarna hijau yang biasa dikenal dengan sebutan greencaviar^{12,13}. Saat ini buah anggur laut (*Caulerpa racemosa*) banyak terdapat di beberapa daerah pesisir Indonesia dan telah dikonsumsi oleh masyarakat setempat dan dapat dibudidayakan, dimana salah satu tempat budidayanya berada di Kabupaten Takalar Provinsi Sulawesi Selatan¹⁴. Panen anggur laut telah mampu memenuhi kebutuhan masyarakat sekitar tersebut¹⁵. Anggur laut memiliki banyak nama yang berbeda-beda di berbagai daerah di Indonesia seperti di Makassar dikenal dengan Lawi-Lawi, di Bali disebut Bulung Boni dan di wilayah Jawa dikenal dengan Latoh. *Caulerpa sp.* memiliki bentuk seperti telur ikan kaviar, menyerupai buah anggur, oleh karena itu dalam bahasa Indonesia dikenal dengan nama anggur laut^{16,17}. Anggur laut dapat dikonsumsi langsung (dimakan rumput laut) dan memiliki ciri khas aroma rumput laut yang segar¹⁸.

Anggur laut memiliki kemampuan untuk menghasilkan sumber antioksidan¹⁷. Antioksidan alami berperan melindungi sel dan organ tubuh, juga mendetoksifikasi tubuh manusia dari ROS dengan menangkal radikal bebas, menyumbangkan hidrogen dan elektron, memecah peroksida, mengurangi oksigen singlet, menghambat enzim dan agen pengkelat logam¹⁹. Anggur laut akan menghasilkan komponen bioaktifnya untuk melindungi diri dari kerusakan yang disebabkan oleh radiasi UV dan radikal bebas, sehingga anggur laut memiliki komponen aktif yang memadai termasuk komponen antioksidan dan penyerap ultraviolet¹³. Kemampuan buah anggur laut sebagai penangkal radiasi sinar ultraviolet (UV) menunjukkan rumput laut hijau ini mampu menghasilkan antioksidan karena mengandung asam fenolat, tiamin, tanin, dan karotenoid, seperti xantofil yang berperan dalam memodulasi stres oksidatif dan mengatur faktor transkripsi sehingga bahwa mereka dapat menekan peradangan¹. Terdapat beberapa metode untuk menguji potensi kapasitas antioksidan berdasarkan transfer elektron seperti 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) untuk mereduksi radikal bebas, *Cupric Ion Reducing Antioksidan Capacity* (CUPRAC) untuk mereduksi tembaga (Cu²⁺) dan *Ferric Reducing Antioksidan Power* (FRAP) untuk mengurangi besi (Fe³⁺)²⁰.

Upaya elaboratif pemanfaatan rumput laut dalam produk pangan lokal berkembang pesat dalam beberapa dekade terakhir. Anggur laut segar, *Caulerpa*

racemose memiliki aktivitas antioksidan tertinggi dibandingkan dengan *Caulerpa scalpelliformis* dan *veravelensis*²¹. Karakteristik anggur laut yang aman untuk dikonsumsi dan telah dimanfaatkan oleh masyarakat pesisir sebagai lalapan menjadi asumsi dasar agar rumput laut ini dapat lebih dieksplorasi sebagai sumber antioksidan alami²¹. Anggur laut mudah rusak karena kandungan airnya yang tinggi sehingga tidak tahan lama dan kualitasnya mudah menurun¹⁷. Pembuatan minuman serbuk instan merupakan salah satu cara untuk mencegah terjadinya kerusakan pada rumput laut melalui beberapa cara. Teknik pengeringan dengan *vacuum evaporator* dapat menurunkan kadar air rumput laut dengan suhu yang lebih rendah untuk mempertahankan nilai gizinya²². Penerapan metode evaporasi dengan suhu di bawah 100°C tidak memerlukan biaya yang tinggi dan lebih mudah dalam penerapannya²³. Penguapan adalah proses simultan perpindahan panas dan massa. Prinsip kerja mesin *vacuum evaporator* adalah menurunkan tekanan sehingga menyebabkan titik didih menurun lebih cepat²⁴; sehingga waktu kontak bahan dengan alat menjadi lebih cepat dan efisien, serta kualitas bahan tetap terjaga²³. Pembuatan minuman serbuk dapat mengurangi kadar air sehingga menghambat pertumbuhan mikroorganisme²⁵.

Pengembangan produk minuman serbuk menggunakan agen enkapsulasi berfungsi sebagai pelapis komponen rasa, meningkatkan jumlah total padatan dan volume, mempersingkat proses pengeringan, dan meminimalkan kerusakan akibat pemanasan²⁶. Agen enkapsulasi yang umum digunakan adalah gum Arab, dekstrin, dan maltodekstrin²⁷. Gum Arab banyak diaplikasikan sebagai bahan tambahan makanan, meningkatkan umur simpan, mikroenkapsulasi, dan nanoteknologi²⁸. Selain itu, dapat ditambahkan ke minuman karena kelarutannya yang tinggi dalam air. Oleh karena itu, lebih cocok untuk memproduksi minuman bubuk dan meningkatkan stabilitas bahan kimia yang halus²⁹. Sayangnya hingga saat ini ini belum ada publikasi yang tersedia tentang minuman anggur laut, oleh karena itu peneliti tertarik untuk mengembangkan produk berbahan dasar anggur laut serta menganalisis kapasitas antioksidan dan sensoris minuman serbuk anggur laut sebagai minuman untuk terapi obesitas.

METODE

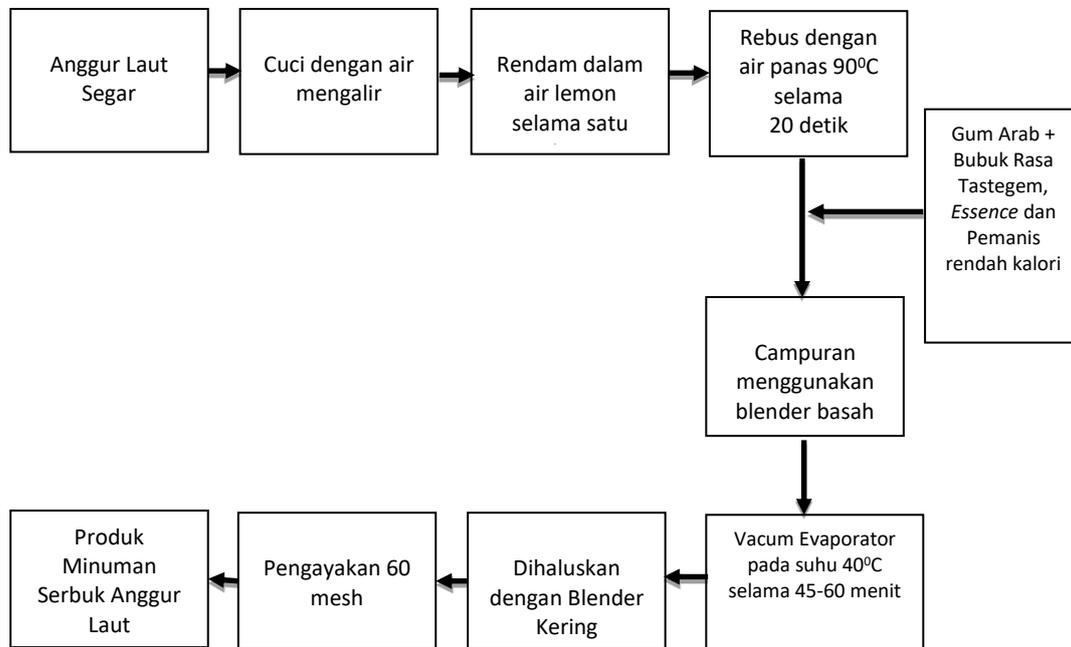
Rancangan penelitian ini adalah percobaan skala laboratorium dengan rancangan acak lengkap dengan perlakuan kadar konsentrasi gum Arab 2,5%, 5% dan 10% terhadap berat buah anggur laut dan dilakukan sebanyak tiga kali pengulangan. Minuman bubuk anggur laut bertindak sebagai unit percobaan. Sedangkan untuk tempat penelitian adalah laboratorium PAU IPB untuk penyiapan dan pembuatan minuman serbuk; Laboratorium Biokimia Jurusan Farmasi Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan UIN Alauddin Makassar untuk analisis kimia kapasitas antioksidan; dan Laboratorium Organoleptik Departemen Gizi Masyarakat Fakultas Ekologi dan Manusia IPB Bogor untuk pelaksanaan analisis sensori.

Alat dan bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah *vacuum evaporator*, blender, filter 60 mesh, desikator, elenmeyer, gelas ukur, pipet tetes, mikropipet, neraca analitik, vortex, spektrofotometri uv-vis, tabung reaksi, vial, spatula, corong kaca, dan termometer. Alat penelitian untuk analisis sensori adalah wadah gelas plastik, sendok plastik kecil, nampan, botol besar dan sendok besar. Bahan makanan utama adalah anggur laut yang dipanen dari tambak di Kabupaten Takalar, Provinsi Sulawesi Selatan. Bahan makanan sekunder adalah gum Arab, lemon *essence* dan sukralosa pemanis rendah kalori yang dibeli dari toko kue di Bogor dan penyedap rasa *tastegem* dari PT. Firmenich. Untuk senyawa kimia yang digunakan dalam penelitian ini adalah Gum Arab, Ethanol 96%, DPPH (1,1diphenyl-1-picrylhydrazyl), Amonium asetat, $CuCl_2 \cdot 2H_2O$, Neucoprine $FeCl_3$ dan TPTZ (2,4,6-Tripyridyl-S-Triazine).

Produksi Minuman Serbuk Anggur Laut

Anggur laut dicuci untuk menghilangkan kotoran, direndam dalam 3% air jeruk nipis selama satu jam, direbus dengan air panas pada suhu 90°C selama 20 detik kemudian diblender, bersamaan dengan penambahan gum Arab, bubuk perisa *tastegem*, *essence* dan pemanis rendah kalori. Setelah campuran menjadi suspensi, campuran kemudian dikeringkan dengan *vacuum evaporator* pada suhu 40°C selama kurang lebih 45-60 menit sehingga suspensi berubah menjadi lembaran kasar. Langkah selanjutnya adalah menghancurkan lembaran dengan blender kering untuk mengubahnya menjadi bubuk anggur laut. Tahap akhir dari percobaan ini adalah pengayakan 60 mesh untuk mendapatkan serbuk. Secara singkat tahapan pembuatan minuman serbuk dari buah anggur laut akan diilustrasikan pada gambar 1. Formulasi pembuatan produk sea wine merupakan modifikasi dari penelitian sebelumnya^{23,30} dan dapat diamati dari Tabel 1.



Gambar 1. Diagram alir tahapan prosedur pembuatan produk minuman serbuk anggur laut

Tabel 1. Formulasi Minuman Serbuk Anggur Laut

Bahan	Konsentrasi Gum Arab		
	F1	F2	F3
Anggur Laut (g)	1.000	1.000	1.000
Gum Arab (g)	25	50	100
Tepung <i>Tastegem</i> (g)	1	1	1
<i>Essence</i> (g)	1	1	1
Pemanis rendah kalori (g)	0,5	0,5	0,5

Analisis Kapasitas Aktivitas Antioksidan

Analisis 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil (DPPH)³¹

Pengujian pada penelitian ini dimulai dengan membuat larutan induk cair 0,1 mM DPPH dengan menimbang 40 mg DPPH dan dilarutkan dalam 1000 ml metanol. Persiapan uji larutan 10.000 ppm dilakukan dengan cara menimbang 10 mg minuman serbuk anggur laut yang dilarutkan dalam 1000 µl dimetil sulfoksida

kemudian dipanaskan dan dicampur menggunakan *vortex*. Sebanyak 50 µl larutan uji dimasukkan ke dalam tabung reaksi kemudian ditambahkan 450 µl metanol hingga diperoleh konsentrasi 1000 ppm.

Tahapan percobaan selanjutnya adalah menyiapkan larutan standar asam askorbat 200 ppm dengan menimbang 20 mg vitamin C yang dilarutkan dalam 100 ml etanol 96%. Kemudian larutan dibuat menjadi beberapa konsentrasi; 200, 160, 120, 80, 40 ppm

dengan menggunakan pipet larutan 200 ppm larutan asam askorbat 500, 400, 300, 200 dan 100 µl. Kemudian ditambahkan 0, 100, 200, 300, dan 400 µl metanol secara berurutan. Masing-masing larutan uji dan larutan standar ditambahkan 3 ml larutan DPPH, dan diinkubasi pada suhu 37°C selama 30 menit. Kemudian, tingkat

absorbansi diukur dengan spektrofotometri UV-Vis pada panjang gelombang 517 nm. Kemudian, penyerapan blanko (tanpa sampel/standar) juga diukur (A_{blank}). Dari absorbansi tersebut dihitung persen inhibisi dengan rumus berikut:

$$\% \text{ inhibition} = \frac{\text{blanc absorbance} - \text{sample absorbance}}{\text{sample absorbance}} \times 100\%$$

Kemudian dibuat kurva standar (linear) asam askorbat untuk menjelaskan hubungan antara jumlah vitamin C (mg) dengan persentase inhibisi. Kesetaraan ekstrak dengan vitamin C dihitung terhadap kurva standar asam askorbat untuk uji DPPH.

Analisis Cupric Ion Reducing Antioxidant Capacity (CUPRAC)³²

Reagen CUPRAC merupakan reagen selektif karena memiliki nilai potensial reduksi yang rendah yaitu 0,17 V. Reagen CUPRAC dibuat segar dengan mencampurkan larutan $\text{CuCl}_2 \cdot 10 \times 10^{-2}$ M, larutan Neocuproine $7,5 \times 10^{-2}$ M, dan larutan buffer amonium asetat pH 7 dengan rasio 1:1:1. Tahap awal adalah pembuatan larutan CuCl_2 , larutan amonium asetat dan larutan neocuproin. Sebanyak 1200 mg $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ditimbang kemudian dilarutkan dalam 750 ml akuades. Sebanyak 57,750 mg amonium asetat ditimbang kemudian dilarutkan dalam 75 ml aquadest dan terakhir sebanyak 0,039 g neocuproin ditimbang kemudian dilarutkan dalam 250 ml etanol 70%.

Tahap selanjutnya adalah menyiapkan larutan uji dan larutan standar untuk penelitian ini. Larutan uji dibuat dari konsentrasi 10.000 ppm : 10 mg minuman serbuk buah anggur laut yang ditimbang kemudian dilarutkan dalam 1000 µl DMSO sambil dicampur menggunakan vortex. Sebanyak 20 µl larutan uji diambil dan dimasukkan ke dalam tabung reaksi ditambah 980 µl metanol untuk mendapatkan konsentrasi 200 ppm. Sebagai sediaan larutan baku asam askorbat 200 ppm: ditimbang 20 mg vitamin C dan dilarutkan dalam 100 ml etanol 96%. Dari larutan tersebut kemudian dibuat beberapa konsentrasi yaitu 50, 40, 30, 20, 16, 12 ppm yang diambil dari konsentrasi 250, 200, 150, 100, 80 dan 60 µl ditambahkan dengan konsentrasi metanol pada dosis 750, 800, 850, 900, 920 dan 940 µl. Selanjutnya larutan uji dan larutan standar ditambahkan 3 ml larutan reagen, dan diinkubasi pada suhu ruang selama 30 menit. Kemudian diukur absorbansinya dengan spektrofotometri UV-Vis pada panjang gelombang 450 nm. Data absorbansi tersebut kemudian digunakan untuk membuat kurva standar (linear) asam askorbat sebagai hubungan antara jumlah vitamin C (mg) dengan absorbansinya. Kesetaraan ekstrak untuk vitamin C dihitung terhadap kurva standar asam askorbat untuk uji CUPRAC.

Analisis Ferric Reducing Antioxidant Power (FRAP)³¹

Pereaksi FRAP dibuat baru dengan mencampurkan larutan FeCl_3 $2,0 \times 10^{-2}$ M, larutan TPTZ (2,4,6-Tripyridyl-S-Triazine) $1,0 \times 10^{-2}$ M dan larutan amonium asetat mentega dengan pH 3,6 dengan perbandingan 1:1:10. Sebagai tahap awal, larutan FeCl_3 , larutan ammonium asetat dan larutan TPZ $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$

324 mg ditimbang dan ditambahkan 1,2 ml asam klorida 1 M dan 60 ml aquadest. Sebanyak 187,2 mg larutan TPTZ ditimbang kemudian dilarutkan dalam 60 ml etanol 96%. Sebanyak 1,86 gram natrium asetat kemudian ditimbang dan ditambahkan 9,6 ml asam asetat glasial dan 600 ml aquadest. Sedangkan persiapan larutan uji dengan konsentrasi 10.000 ppm adalah 10 mg minuman serbuk buah anggur laut yang ditimbang kemudian dilarutkan dalam 1000 µl DMSO sambil dicampur menggunakan vortex. 50 µl larutan uji kemudian dimasukkan ke dalam tabung reaksi dan ditambahkan 950 µl metanol hingga diperoleh konsentrasi 500 ppm sebagai larutan uji. Pembuatan larutan baku asam askorbat 200 ppm dimulai dengan menimbang 20 mg vitamin C yang dilarutkan dalam 100 ml etanol 96%, kemudian dibuat beberapa konsentrasi (20, 16, 12, 8, dan 4 ppm) dengan mengambil 100, 80, 60, 40, dan 20 µl secara berurutan, ditambah metanol dengan dosis 900, 920, 940, 960 dan 980 µl. Kemudian larutan uji dan larutan standar ditambahkan 3 ml larutan reagen dan diinkubasi pada suhu kamar selama 30 menit. Kemudian diukur absorbansinya menggunakan spektrofotometri UV-Vis pada panjang gelombang 595 nm dan dibuat kurva standar (linear) asam askorbat yang menjadi hubungan antara jumlah vitamin C (mg) dengan absorbansinya. Kesetaraan ekstrak dengan vitamin C dihitung terhadap kurva standar asam askorbat untuk uji FRAP.

Analisis Sensori

Analisis sensori menggunakan indera organoleptik dilakukan oleh 39 panelis semi terlatih yang terdiri dari mahasiswa dari Program Studi Ilmu Gizi, Departemen Gizi Masyarakat, Fakultas Ekologi Manusia dan Program Studi Ilmu Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB. Kriteria inklusi panelis dalam keadaan sehat dan telah mengikuti tes sensorik sebelumnya dan telah mendapatkan materi tentang tes sensori (semi terlatih). Parameter yang diuji pada minuman serbuk anggur laut adalah warna, aroma, kekentalan, dan rasa dengan metode uji hedonik.

Panelis dikumpulkan dan diminta untuk mengisi daftar hadir, kemudian peneliti menjelaskan tujuan penelitian dan beberapa materi terkait yang harus dipahami oleh panelis. Selanjutnya panelis diminta mengisi *inform consent* sebagai kesediaan untuk mengikuti kegiatan analisis sensori yang mengacu pada Deklarasi Helsinki³³. Peneliti menjelaskan tentang tata cara pengisian formulir produk yang nantinya akan dievaluasi. Mereka juga meminta panelis untuk mengamati, merasakan dan mencium produk menggunakan indera sensori mereka dan memberikan penilaian produk dalam rentang skala 1 – 7. Skala terendah akan menjadi penilaian sangat tidak suka sedangkan skala tertinggi adalah penilaian sangat suka.

Terakhir, mereka dimintai pendapat pribadi tentang preferensi mereka atau sebaliknya dan hasil penilaian dituliskan pada formulir yang disediakan.

Analisis data

Hasil yang diperoleh diolah secara statistik menggunakan Excel dan SPSS, serta dianalisis menggunakan analisis varians (CI=95%), yang kemudian dilanjutkan dengan menggunakan Uji Duncan (CI=95%) untuk mengamati atau melihat pasangan sampel yang berbeda.

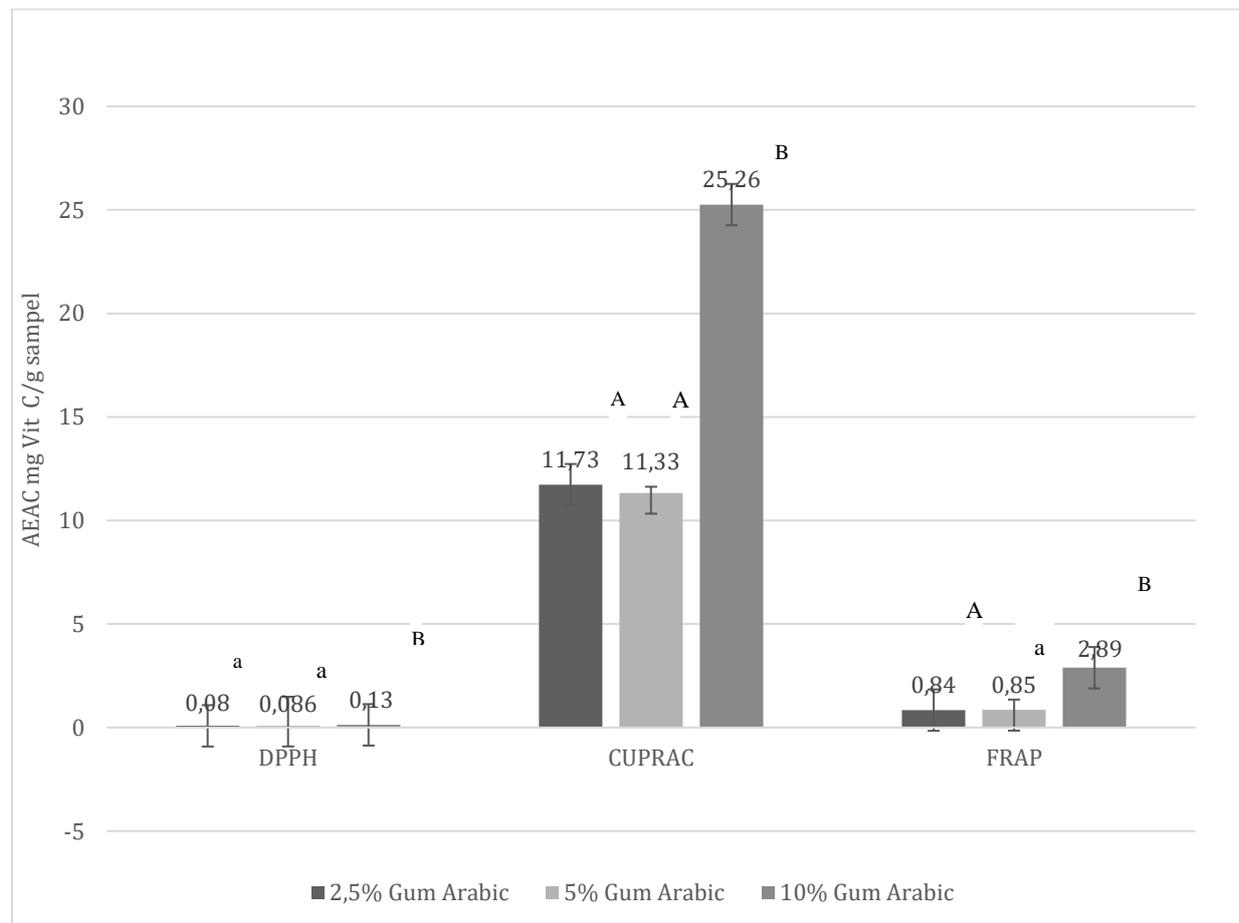
HASIL DAN PEMBAHASAN

Kapasitas Antioksidan 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH)

Berdasarkan gambar 2, perlakuan gum Arab berpengaruh signifikan terhadap kapasitas antioksidan metode DPPH ($p < 0,05$). Kapasitas antioksidan tertinggi terlihat pada perlakuan gum Arab 10% yang setara dengan $0,13 \pm 0,11$ mg vitamin C/g serbuk minuman. Pengaruh konsentrasi gum Arab memberikan perlindungan yang lebih besar terhadap kandungan

antioksidan minuman serbuk anggur laut. Dilaporkan juga bahwa penelitian pada jus rosella menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi gum Arab dapat mempertahankan sifat antioksidan³⁴. Temuan ini sejalan dengan Agatha et al. (2021) yang menyatakan adanya peningkatan aktivitas antioksidan dan kandungan fenolik DPPH dengan menggunakan konsentrasi gum Arab 10% pada produk minuman serbuk kombucha buah naga merah. Penambahan gum Arab digunakan sebagai agen enkapsulasi alternatif untuk mempertahankan fungsi komponen vitamin antioksidan dan senyawa fenolik dalam pembuatan bubuk jeruk bali³⁵.

Larutan DPPH sebagai radikal bebas stabil digunakan untuk mengetahui kemampuan menangkap senyawa radikal organik³⁰. Prinsip kerja DPPH sebagai penerima atom hidrogen (H) dari molekul scavenger yaitu antioksidan akan mengakibatkan reduksi DPPH menjadi diphenyl picryl hydrazine³¹. Ketika DPPH dicampur dengan zat yang dapat menyumbangkan atom hidrogen, akan terjadi penurunan intensitas warna dari ungu menjadi warna kuning pucat dengan reaksi kimia berikut: $DPPH + InH \rightarrow DPPH- + Inox + H^{+20}$.



Catatan: Notasi huruf berbeda menunjukkan perbedaan bilangan real ($P < 0,05$); AEAC= *Ascorbic Acid Equivalent Antioxidant Capacity*

Gambar 2. Grafik konsentrasi gum Arab terhadap kapasitas antioksidan dan minuman serbuk anggur laut

Kapasitas Antioksidan *Cupric Ion Reducing Antioxidant Capacity (CUPRAC)*

Kapasitas antioksidan yang diuji dengan metode CUPRAC pada gambar 2 menunjukkan hasil perlakuan gum Arab berpengaruh nyata terhadap kapasitas antioksidan, dan konsentrasi gum Arab 10% terbukti memiliki kapasitas antioksidan tertinggi yaitu $25,26 \pm 0,5$ mg vitamin C/g dalam bentuk minuman bubuk bila dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Temuan ini sejalan dengan penelitian pembuatan bubuk enkapsulasi wortel hitam menggunakan tiga bahan sekunder yaitu maltodekstrin, gum Arab dan tepung tapioka. Kapasitas antioksidan CUPRAC dengan enkapsulasi gum Arab dan maltodekstrin lebih tinggi dari tepung tapioka karena kemampuan viskositas maltodekstrin dan gum Arab lebih tinggi dibandingkan dengan tepung tapioka²⁷. Gum Arab memiliki kemampuan polimerisasi yang rendah sehingga mampu memperkecil peluang terjadinya perubahan struktur dan konfigurasi suatu senyawa pangan sehingga gum Arab dapat memberikan perlindungan yang kuat terhadap oksidasi³⁶.

Pada metode CUPRAC, kompleks bisneocuproin-tembaga(II) sebagai pereaksi kromogenik akan mengoksidasi senyawa antioksidan dari ekstrak dan akan direduksi menjadi ikatan kompleks bis-neocuproin-tembaga(I). Metode CUPRAC juga mampu mengukur antioksidan hidrofilik dan lipofilik seperti karoten dan tokoferol³⁷. Reagen CUPRAC merupakan reagen selektif karena (potensial) nilai reduksinya yang rendah. Dari tampilan visual, warna awal larutan yang turkoise kemudian berubah menjadi warna kuning di bawah reaksi kimia: $n\text{Cu}(\text{Nc})_2^{2+} + \text{AR}(\text{OH})_n \rightarrow n\text{Cu}(\text{Nc})_2^{+} + \text{AR}(\text{=H})_n + n\text{H}^{+36}$.

Kapasitas Antioksidan *Ferric Reducing Antioxidant Power (FRAP)*

Kapasitas antioksidan yang diuji dengan metode FRAP pada Gambar 2 menunjukkan hasil perlakuan gum Arab berpengaruh nyata terhadap kapasitas antioksidan, dimana konsentrasi gum Arab 10% memiliki kapasitas antioksidan tertinggi setara dengan $2,89 \pm 0,3$ mg vitamin C/g dalam bubuk minuman. Dari data tersebut, peningkatan dosis konsentrasi gum Arab akan memberikan nilai AEAC yang lebih tinggi. Sedangkan pada percobaan lain, metode pengeringan ekstrak nanas dengan menggunakan enkapsulasi gum Arab dan maltodekstrin memiliki kapasitas antioksidan FRAP yang paling baik jika dibandingkan dengan inulin, dan setelah 6 bulan masa penyimpanan terbukti bahwa enkapsulasi gum Arab dapat meminimalisir penurunan kapasitas fenolik lebih baik dari maltodekstrin dan inulin³⁸. Metode Frap menggunakan pereaksi kompleks besi-ligand 2,4,6-tripyridyl-triazine $\text{Fe}(\text{TPTZ})_2^{3+}$ sebagai pereaksi kompleks berwarna biru dan berfungsi sebagai oksidator dan akan direduksi menjadi $\text{Fe}(\text{TPTZ})_2^{2+}$ sehingga warnanya akan berubah menjadi kuning dengan reaksi kimia berikut: $\text{Fe}(\text{TPTZ})_2^{3+} + \text{AROH} \rightarrow \text{Fe}(\text{TPTZ})_2^{2+} + \text{H}^{+} + \text{AR}=\text{O}^{36}$.

Secara umum hasil ANOVA dari ketiga metode uji DPPH, CUPRAC dan FRAP memberikan hasil yang sama; konsentrasi gum Arab 10% memiliki nilai AEAC yang lebih tinggi secara signifikan jika dibandingkan dengan konsentrasi gum Arab 2,5% dan 5% ($p < 0,05$),

namun nilai AEAC dari ketiga metode memberikan hasil yang beragam dimana nilai AEAC CUPRAC lebih tinggi dari nilai FRAP AEAC dan nilai FRAP AEAC lebih tinggi dari nilai DPPH. Hal ini terjadi karena adanya pengaruh mekanisme reaksi dari masing-masing pengujian yang menghasilkan hasil yang berbeda, serta kemampuan reagen untuk bereaksi dengan sumber antioksidan dan radikal bebas³⁷. Selain itu, hal ini terjadi karena vitamin C memiliki gugus hidroksi bebas yang berperan sebagai penangkap radikal bebas, dan bila vitamin C memiliki gugus poligiroksi maka aktivitas antioksidan akan meningkat²⁰.

Kapasitas antioksidan minuman serbuk anggur laut tertinggi setara dengan $25,26 \pm 0,5$ mg vitamin C dengan metode CUPRAC. *Recommended Dietary Allowance* vitamin C untuk orang dewasa adalah 90 mg³⁹ dan asupan vitamin C 10 mg dibutuhkan untuk setiap kenaikan berat badan 10 kg pada obesitas/hari⁴⁰. Oleh karena itu per gram sampel minuman serbuk anggur laut memenuhi 25% berkontribusi terhadap kebutuhan antioksidan.

Dari penelitian minuman serbuk anggur laut ditemukan potensi untuk dikonsumsi sebagai minuman antioksidan, khususnya untuk pengobatan gum Arab 10%. Kapasitas antioksidan minuman ini dapat dievaluasi dengan menerapkan DPPH, CUPRAC dan FRAP³¹. Metode kapasitas antioksidan DPPH terlihat memiliki kapasitas paling rendah jika dibandingkan dengan metode kapasitas antioksidan lainnya karena DPPH sangat sensitif terhadap cahaya, pH, dan memiliki beberapa jenis pelarut yang mudah menggumpal dan membuat beberapa jenis antioksidan bekerja lebih lambat dibandingkan metode lainnya⁴¹. Selanjutnya metode DPPH hanya mampu mengukur antioksidan hidrofobik sedangkan metode FRAP lebih aktif untuk mengukur antioksidan yang hanya terdapat pada kondisi hidrofilik, dan metode CUPRAC mampu mengukur antioksidan hidrofilik dan lipofilik dalam bentuk karoten, karotenoid, tokoferol dan fenol, sehingga pada metode CUPRAC akan lebih banyak antioksidan yang dapat dideteksi³⁷.

Kapasitas penangkapan radikal dari bubuk anggur laut diduga sebagian besar berasal dari komponen senyawa bioaktif karotenoid, fenol, flavonoid, alkaloid dan tanin yang terkandung dalam buah anggur laut^{42,43}. Kandungan antioksidan alami dari bahan makanan memiliki peran terapeutik untuk melindungi dari radikal bebas yang dapat memicu peradangan dan stres oksidatif⁴⁴. Selain manfaat tersebut, senyawa bioaktif dalam anggur laut juga berfungsi sebagai antibakteri, antidiabetes, dan antitumor⁴³. Temuan ini didukung oleh beberapa penelitian yang menunjukkan manfaat anggur laut untuk mengurangi hiperkolesterolemia, menghambat pembentukan jaringan lemak (adipogenesis), mengurangi stres oksidatif dan memperbaiki penanda inflamasi⁴⁵.

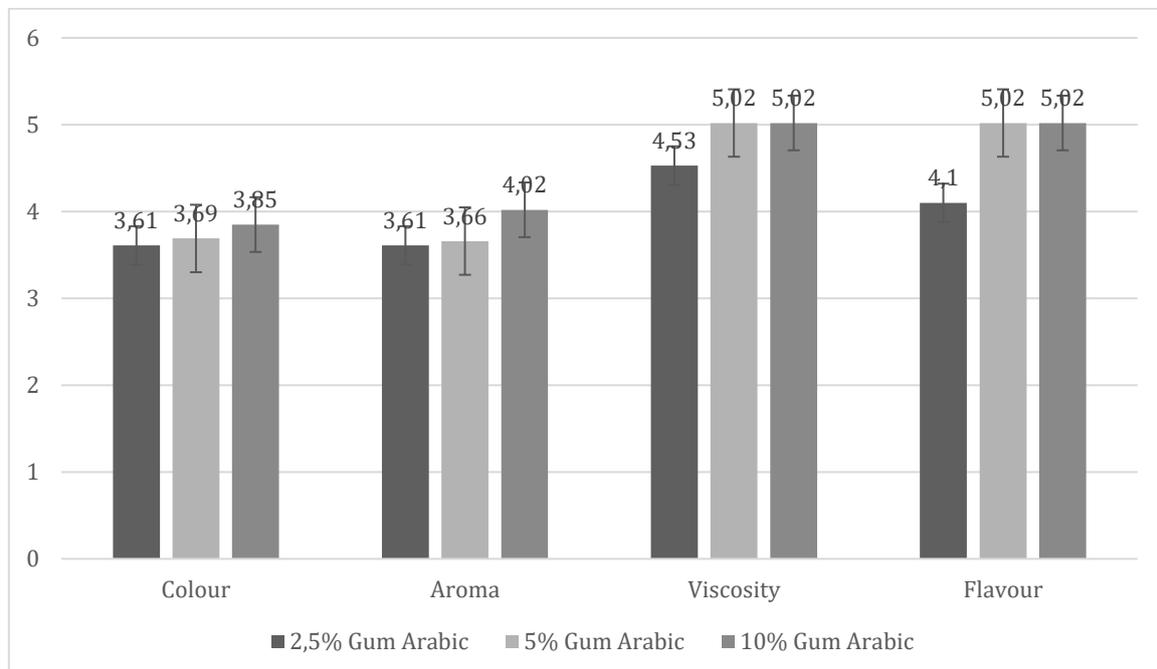
Analisis Sensorik

Minuman serbuk merupakan salah satu cara untuk mengawetkan suatu produk agar tidak mudah rusak, memiliki penyajian yang menarik dan juga mempermudah pendistribusiannya⁴⁶. Produk minuman serbuk anggur laut dalam penelitian ini menggunakan tiga formula yang telah ditambahkan dengan konsentrasi gum Arab secara berurutan yaitu 2,5% (F1), 5% (F2) dan

10% (F3) dan dimaksudkan sebagai inovasi produk pangan. berbasis bahan pangan lokal untuk terapi obesitas, ditampilkan pada Gambar 3



Gambar 3. Minuman Serbuk Anggur Laut (a)= 2,5 % konsentrasi gum Arab ; (b) = 5% konsentrasi gum Arab; (c) = 10% konsentrasi gum Arab



Gambar 4. Analisis sensori minuman serbuk anggur laut

Hasil pada Gambar 4 menunjukkan bahwa analisis sensori dengan uji ANOVA terhadap anggur laut pada atribut warna konsentrasi gum Arab tidak berpengaruh nyata. Namun panelis lebih menyukai minuman serbuk buah anggur laut yang diberi perlakuan 10% gum Arabi dengan nilai rata-rata hedonik tertinggi 3,85±0,2 karena warnanya yang tidak terlalu gelap jika dibandingkan dengan warna konsentrasi lainnya seperti terlihat pada Gambar 3, yang menunjukkan bahwa minuman serbuk anggur laut konsentrasi 10% memiliki warna yang lebih terang karena larutan gum Arab lebih banyak dimasukkan ke dalam minuman serbuk. Minuman anggur laut berwarna hijau tua karena kandungan klorofilnya (5,48 mg/g klorofil a dan 3,06 mg/g klorofil b) sama dengan daun *tencha* yang khusus digunakan dalam pembuatan bubuk *matcha* (dengan kandungan klorofil a 5,65 mg/g dan kandungan klorofil b 4,33 mg/g)⁴⁷.

Senyawa klorofil sangat mudah terdegradasi oleh pengaruh lingkungan (kondisi panas, cahaya, oksigen dan asam)⁴⁸. Penelitian pada sup krim *Caulerpa racemosa* menunjukkan bahwa kandungannya akan lebih rendah akibat pemanasan⁴⁹. Hal ini disebabkan oleh pelepasan banyak asam organik jaringan yang berdampak pada pembentukan feofitin. Ini adalah reaksi yang mengubah warna klorofil dari hijau menjadi warna coklat ketika ion Mg di pusat klorofil dilepaskan dan diganti dengan ion H^{50,48}. Proses pemanasan juga mempengaruhi aktivitas enzim klorofilase dan lipoksihenease, enzim klorofilase merupakan enzim yang mempercepat laju degradasi klorofil dan menjadi aktif pada suhu 65-75°C ketika dilarutkan ke dalam air⁴⁸. Oleh karena itu, teknologi pengeringan yang tepat untuk menjaga kestabilannya adalah dengan vakum evaporator yang menggunakan suhu rendah⁵⁰.

Analisis sensori anggur laut terhadap konsentrasi gum Arab pada Gambar 4 dilakukan dengan uji ANOVA menunjukkan hasil tidak berpengaruh pada atribut aroma ($p>0,05$) namun panelis cenderung memilih perlakuan konsentrasi gum Arab 10% dibandingkan perlakuan konsentrasi lainnya. Nilai rata-rata atribut aroma minuman serbuk anggur laut tertinggi terdapat pada konsentrasi 10% gum Arabi ($4,02\pm0,2$), karena semakin banyak gum Arabi yang dimasukkan ke dalam konsentrasi tersebut mampu meminimalkan aroma khas sea anggur. Penelitian pembuatan minuman cendol dengan buah anggur laut juga menunjukkan hasil bahwa semakin banyak penambahan buah anggur laut memberikan efek aroma yang menyengat dan kurang disukai oleh panelis karena aromanya yang khas¹⁸. Penggunaan gum Arab dalam penelitian ini berpotensi untuk meminimalisir pengaruh aroma yang kurang disukai panelis.

Hasil yang diperoleh dari uji ANOVA menunjukkan analisis sensoris minuman serbuk anggur laut dengan penambahan konsentrasi gum Arab tidak berpengaruh terhadap atribut viskositas ($P>0,05$). Namun panelis lebih menyukai konsentrasi gum Arabi 5% dan 10% dengan nilai rata-rata $5,02\pm0,1$. Pada penelitian lain menunjukkan adanya pengaruh penambahan gum Arab terhadap viskositas pembuatan madu jus jambu biji dimana semakin tinggi nilai berat bahan penstabil yang diberikan maka viskositas produk akan semakin meningkat⁵¹.

Sedangkan untuk hasil uji ANOVA lainnya menunjukkan bahwa konsentrasi gum Arab tidak berpengaruh nyata terhadap atribut rasa. Panelis cenderung menyukai perlakuan konsentrasi gum Arabi 5% dan 10% yang ditunjukkan dengan nilai rata-rata 5,02. Hal ini terjadi karena gum Arab merupakan bahan enkapsulasi yang tidak memiliki cita rasa, sehingga penambahannya pada produk makanan apapun tidak akan mempengaruhi cita rasa produk makanan tersebut⁵². Temuan ini didukung oleh penelitian lain yang juga menunjukkan bahwa penambahan jumlah gum Arab ke dalam minuman serbuk labu kuning tidak berpengaruh nyata terhadap rasa minuman sampel pada analisis sensori yang dilakukan oleh panelis⁵³.

Hasil ANOVA sensoris minuman serbuk buah anggur laut pada gambar 4 menunjukkan konsentrasi gum Arab tidak berpengaruh nyata terhadap semua atribut ($p>0,05$) karena perbedaan jumlah konsentrasi hanya sedikit sehingga tidak terjadi perubahan yang signifikan atau substansial dan tidak ada efek pada viskositas sensorik.

Tingkat perlakuan gum Arab tidak berpengaruh secara statistik terhadap semua atribut sensori panelis. Namun panelis cenderung lebih menyukai minuman serbuk anggur laut dengan konsentrasi 10% gum Arab pada semua atribut. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Tuan Azlan dkk. (2020) bahwa pemberian gum Arabi tidak meAmpengaruhi indera panelis. Studi lain menunjukkan bahwa penggunaan minuman wortel kelapa instan terpengaruh⁵⁴ dan dapat meningkatkan rasa kenyang. Hal ini mengurangi kadar glukosa dan dapat digunakan sebagai alternatif inovasi produk makanan untuk obesitas²⁹.

Namun, terdapat keterbatasan dalam penyelidikan eksperimental karena hanya satu jenis perlakuan yang dilakukan dalam bentuk gum Arab. Selain itu, tidak membandingkan kandungan antioksidan anggur laut berdasarkan faktor musiman, dan ini membuka peluang untuk penelitian selanjutnya.

KESIMPULAN

Kapasitas antioksidan tertinggi untuk metode DPPH sebesar 0,13 mg/g, metode CUPRAC sebesar 25,26 mg/g dan metode FRAP sebesar 2,89 mg/g dengan perlakuan konsentrasi gum Arab 10%. Hasil analisis sensori menunjukkan konsentrasi gum Arab tidak berpengaruh terhadap atribut rasa, warna, aroma, dan viskositas tetapi secara keseluruhan panelis cenderung lebih menyukai penambahan konsentrasi gum Arab 10% pada minuman serbuk anggur laut.

ACKNOWLEDGMENT

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Laboratorium Farmasi Fakultas Kedokteran dan Kesehatan UIN Alauddin Makassar, Laboratorium Organoleptik Program Studi Gizi Masyarakat Fakultas Ekologi Manusia IPB, serta para panelis yang telah mengizinkan penggunaan sarana dan prasarana tersebut.

Konflik Kepentingan dan Sumber Pendanaan

Semua penulis tidak memiliki konflik kepentingan dalam penelitian ini. Penelitian ini merupakan bagian dari penelitian disertasi penulis yang didanai oleh Yayasan Mora di bawah naungan Kementerian Agama Republik Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

1. Ojulari, O. V., Gi Lee, S. & Nam, J. O. Therapeutic Effect of Seaweed Derived Xanthophyl Carotenoid on Obesity Management; Overview of the Last Decade. *Int. J. Mol. Sci.* **21**, 1–22 (2020).
2. Jayalath, V. H. *et al.* Sugar-Sweetened Beverage Consumption and Incident Hypertension: A Systematic Review and Meta-Analysis of Prospective Cohorts. *Am. J. Clin. Nutr.* **102**, 914–921 (2015).
3. Malik, V. S. & Hu, F. B. The Role of Sugar-Sweetened Beverages in the Global Epidemics of Obesity and Chronic Diseases. *Nat. Rev. Endocrinol.* **0123456789**, (2022).
4. Ellulu, M. S., Patimah, I., Khaza'ai, H., Rahmat, A. & Abed, Y. Obesity & Inflammation: The Linking Mechanism & the Complications. *Arch. Med. Sci.* **13**, 851–863 (2017).
5. Lee, H., Lee, I. S. & Choue, R. Obesity, Inflammation and Diet. *Pediatr. Gastroenterol. Hepatol. Nutr.* **16**, 143–152 (2013).
6. World Health Organization. Obesity and Overweight. *www.who.int* vol. 13 1–6 <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight> (2020).
7. Federation, W. O. *World Obesity Atlas 2022*. (2022).
8. Kementrian Kesehatan Republik Indonesia. *Laporan Nasional Hasil Riskesdas 2018*. Kementerian Kesehatan Republik Indonesia

- [http://www.yankes.kemkes.go.id/assets/download/PMK No. 57 Tahun 2013 tentang PTRM.pdf](http://www.yankes.kemkes.go.id/assets/download/PMK%20No.%2057%20Tahun%202013%20tentang%20PTRM.pdf) (2018).
9. Kementerian Pertanian Republik Indonesia. *Kebijakan Strategis Ketahanan Pangan dan Gizi 2020-2024*. (2019).
 10. Widjaja, N. A., Prihaningtyas, R. A., Hanindita, M. H. & Irawan, R. Diet dan Sindrom Metabolik pada Remaja Obesitas. *Amerta Nutr.* **4**, 191–197 (2020).
 11. Badan Pengawas Obat dan Makanan Republik Indonesia. Peraturan Badan pengawas Obat dan Makanan Republik Indonesia. *Badan Pengawas Obat dan Makanan Republik Indonesia* vol. 53 1689–1699 <https://standarpangan.pom.go.id> (2011).
 12. Sherly, R. & Asnani. Potensi Anggur Laut Kelompok *Caulerpa racemosa* sebagai Kandidat Sumber Pangan Fungsional Indonesia. *Oseana* **41**, 50–62 (2016).
 13. Pereira, L. *Therapeutic and Nutritional Uses of Algae*. (CRC Press, 2018).
 14. Darmawati. Kajian Pertumbuhan dan Kualitas Rumput Laut *Caulerpa Sp.* yang Dibudidayakan pada Kedalaman dan Jarak Tanaman Berbeda. (Universitas Hasanuddin, 2017).
 15. Darmawati, Niartiningih, A., Syamsuddin, R. & Jompa, J. Analisis Kandungan Karotenoid Rumput Laut *caulerpa Sp.* Yang Dibudidayakandi Berbagai Jarak Dan Kedalaman. *Semnas Has. Penelit. dan Pengabd. Masy.* 196–201 (2016).
 16. Dewi, E. N., Ma'ruf, W. F., Ratna, I. & Slamet, S. The effect of *Caulerpa Racemosa* Diet to Cholesterol Level of Wistar Rats. in *The 3rd International Seminar of Fisheries and Marine Science* (eds. Hutauruk RM et al.) 185–194 (ISFM, 2014). doi:10.1145/2505515.2507827.
 17. Fithriani, D. Opportunities and Challenges for Developing *Caulerpa Racemosa* as Functional Foods. in *The 1st International Symposium On Aquatic Product Processing* 85–96 (2015). doi:10.1377/hlthaff.2013.0625.
 18. Battu, S. P., Asnani & Patadjai, A. B. Nilai kimia dan Sensori Serta Aktivitas Antioksidan Cendol dengan Penambahan Anggur Laut (*Caulerpa racemosa*) pada Konsentrasi yang Berbeda. *J. Fish Protech* **2**, 69–77 (2019).
 19. Lobo, G. P. et al. B,B-Carotene Decreases Peroxisome Proliferator Receptor γ Activity and Reduces Lipid Storage Capacity of Adipocytes in a B,B-Carotene Oxygenase 1-Dependent Manner. *J. Biol. Chem.* **285**, 27891–27899 (2010).
 20. Ivanova, A., Gerasimova, E. & Gazizullina, E. Study of Antioxidant Properties of Agents from the Perspective of Their Action Mechanisms. *Molecules* **25**, (2020).
 21. Kumar, J. G. S., Umamaheswari, S., Kavimani, S. & Ilavarasan, R. Pharmacological Potential of Green Algae *Caulerpa*: A review. *Int. J. Pharm. Sci. Res. VO - 10* **10**, 1014 (2019).
 22. Syakdani, A., Purnamasari, I. & Necessary, E. Temperatur dan Waktu Evaporasi Terhadap pada Pembuatan Sirup Buah Mengkudu (*Morinda citrifolia L.*). *J. Kinet.* **10** no **02**, 29–35 (2019).
 23. Wibowo, L. & Fitriyani, E. Pengolahan Rumput Laut (*Eucheuma cottoni*) Menjadi Serbuk Minuman Instan. *Vokasi* **8**, 101–109 (2012).
 24. Nurwanto & Suswantinah, A. Metode Pengerangan Sari Pandan (*Pandan amaryllifolius*) untuk Meningkatkan Kualitas Bubuk Sari Pandan. *Indones. J. Lab.* **4**, 116–123 (2021).
 25. Amit, S. K., Uddin, M. M., Rahman, R., Islam, S. M. R. & Khan, M. S. A Review on Mechanisms and Commercial Aspects of Food Preservation and Processing. *Agric. Food Secur.* **6**, 1–22 (2017).
 26. Montenegro, M. A. et al. Gum Arabic : More Than an Edible Emulsifier. in *Products and Applications of Biopolymers* (ed. Verbeek, J.) 1–23 (InTech, 2012).
 27. Murali, S., Kar, A., Mohapatra, D. & Kalia, P. Encapsulation of Black Carrot Juice Using Spray and Freeze Drying. *Food Sci. Technol. Int.* **21**, 604–612 (2015).
 28. Hassanien, M. A. The protective and Antioxidant Effects of Gum Arabic: A Review of Recent Evidence Using the New PubMed system Taghvaei, M., & Jafari, S. M. (2015). Application and stability of natural antioxidants in edible oils in order to substitute synthetic additives. *Int. J. Community Med. Public Heal.* **7**, 356 (2019).
 29. Larson, R. et al. Acacia Gum Is Well Tolerated While Increasing Satiety and Lowering Peak Blood Glucose Response in Healthy Human Subjects. *Nutrients* **13**, 1–14 (2021).
 30. Surmi, B. K. & Hasty, A. H. Macrophage Infiltration Into Adipose Tissue. *Future Lipidol.* **3**, 545–556 (2008).
 31. Celep, E., Aydin, A. & Yesilada, E. A Comparative Study on the In Vitro Antioxidant Potentials of Three Edible Fruits: Cornelian Cherry, Japanese Persimmon and Cherry Laurel. *Food Chem. Toxicol.* **50**, 3329–3335 (2012).
 32. Apak, R., Özyürek, M., Güçlü, K. & Çapanoğlu, E. Antioxidant Activity/Capacity Measurement. 1. Classification, Physicochemical Principles, Mechanisms, and Electron Transfer (ET)-Based Assays. *J. Agric. Food Chem.* **64**, 997–1027 (2016).
 33. Review, C., Communication, S. & Principles, G. World Medical Association Declaration of Helsinki: Ethical Principles for Medical Research Involving Human Subjects. *J. Am. Coll. Dent.* **81**, 14–18 (2014).
 34. Tuan Azlan, T. N. N., Hamzah, Y. & Mohd Abd Majid, H. A. Effect of Gum Arabic (*Acacia Senegal*) Addition on Physicochemical Properties and Sensory Acceptability of Roselle Juice. *Food Res.* **4**, 449–458 (2020).
 35. Agudelo, C., Barros, L., Santos-Buelga, C., Martínez-Navarrete, N. & Ferreira, I. C. F. R. Phytochemical Content and Antioxidant Activity of Grapefruit (Star Ruby): A Comparison Between Fresh Freeze-Dried Fruits and Different Powder Formulations. *LWT - Food Sci. Technol.* **80**, 106–112 (2017).

36. Do, H. T. T. & Nguyen, H. V. H. Effects of Spray-Drying Temperatures and Ratios of Gum Arabic to Microcrystalline Cellulose on Antioxidant and Physical Properties of Mulberry Juice Powder. *Beverages* **4**, (2018).
37. Munteanu, I. G. & Apetrei, C. Analytical Methods Used in Determining Antioxidant Activity: A Review. (2021).
38. Lourenço, S. C., Moldão-Martins, M. & Alves, V. D. Microencapsulation of Pineapple Peel Extract by Spray Drying Using Maltodextrin, Inulin, and Arabic Gum as Wall Matrices. *Foods* **9**, 1–17 (2020).
39. Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. *Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia tentang Angka Kecukupan Gizi yang dianjurkan*. (2019).
40. Carr, A. C., Block, G. & Lykkesfeldt, J. Estimation of Vitamin C Intake Requirements Based on Body Weight: Implications for Obesity. *Nutrients* **14**, 1–8 (2022).