



FORMULASI KOPI HERBAL MANGROVE (*Avicennia marina*) BERBASIS PEMANIS ALAMI SEBAGAI INOVASI MINUMAN FUNGSIONAL LOKAL

NATURAL SWEETENER-BASED HERBAL MANGROVE COFFEE (*Avicennia marina*) FORMULATION AS A LOCAL FUNCTIONAL BEVERAGE INNOVATION

Sumartini¹ Nirmala Efri Hasibuan¹, Kurnia Sada Harahap¹, Evi Maya Sari^{2*}, Agus Setiyoko³

¹ Politeknik Kelautan dan Perikanan Dumai, Dumai, Indonesia, Jl. Wan Amir No.1, Pangkalan Sesai, Kecamatan Dumai Barat, Kota Dumai, Riau, 28826, Indonesia

² Program Studi Teknologi Hasil Perikanan, Fakultas Peternakan, Universitas Jambi, Indonesia, Jl. Jambi-Muara Bulian KM. 15, Mendalo Indah, Kecamatan Jambi Luar Kota, Kabupaten Muaro Jambi, 36122, Jambi, Indonesia

³ Universitas Mercu Buana Yogyakarta, Indonesia, Jl. Wates Km 10, Yogyakarta 55753, Indonesia

*Korespondensi: evimayasari@unja.ac.id (EM Sari)

Diterima 13 November 2025 – Disetujui 30 April 2026

ABSTRAK. Kopi herbal berbasis bahan lokal berpotensi menjadi inovasi minuman fungsional dengan nilai gizi dan bioaktivitas tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk merumuskan dan mengevaluasi karakteristik fisik, kimia, dan sensoris kopi herbal mangrove (*Avicennia marina*) dengan empat jenis pemanis alami yakni gula semut (GS), gula aren (GA), madu (GM), dan gula putih (GP). Metode penelitian meliputi proses pembuatan bubuk kopi herbal dari buah *Avicennia marina* melalui tahapan perendaman, pengeringan, dan penyangraian pada suhu 120–150°C, dilanjutkan pencampuran dengan pemanis sesuai perlakuan. Analisis dilakukan terhadap parameter fisik (warna, kelarutan, kadar air, bobot jenis), kimia (fenolik total, gula total, pH), proksimat (karbohidrat, protein, lemak, energi), serta uji hedonik dengan skala 1–9. Hasil menunjukkan bahwa jenis pemanis berpengaruh signifikan terhadap mutu produk. Formulasi dengan gula aren memiliki kandungan fenolik tertinggi (16,87 mg GAE/g) dan keseimbangan rasa terbaik, sementara madu menghasilkan gula total dan energi tertinggi (34,77 g/100 g; 191,7 kkal/100 g). Secara sensoris, kopi herbal dengan pemanis gula aren dan gula semut memperoleh nilai kesukaan tertinggi pada atribut warna, aroma, dan rasa (rata-rata 7,2–7,4). Formulasi dengan pemanis nira (gula aren dan gula semut) menunjukkan keseimbangan optimal antara mutu fisik, kandungan bioaktif, dan penerimaan konsumen. Penelitian ini menegaskan potensi *Avicennia marina* sebagai bahan baku inovatif minuman fungsional lokal yang mendukung pemanfaatan sumber daya pesisir secara berkelanjutan.

Kata Kunci: *Avicennia marina*, kopi herbal, minuman fungsional.

ABSTRACT. Herbal coffee based on local natural ingredients has the potential to become a functional beverage innovation with high nutritional and bioactive value. This study aimed to formulate and evaluate the physical, chemical, and sensory characteristics of mangrove herbal coffee (*Avicennia marina*) using four types of natural sweeteners: palm sugar (GS), coconut sugar (GA), honey (GM), and refined sugar (GP). The herbal coffee powder was prepared from *A. marina* fruit through soaking, drying, and roasting at 120–150°C, followed by blending with each sweetener formulation. Analyses included physical parameters (color, solubility, moisture content, bulk density), chemical composition (total phenolics, total sugar, pH), proximate composition (carbohydrate, protein, fat, and energy), and sensory evaluation using a 9-point hedonic scale. The results indicated that sweetener type significantly affected product quality. The palm sugar formulation showed the highest total phenolic content (16.87 mg GAE/g) and the most balanced taste, whereas the honey formulation had the highest total sugar and energy values (34.77 g/100 g; 191.7 kcal/100 g). Sensory evaluation revealed that mangrove coffee with palm sugar and coconut sugar achieved the highest preference scores for color, aroma, and taste (mean scores 7.2–7.4). Formulations with palm-based sweeteners exhibited the best balance between physical quality, bioactive content, and consumer acceptability. This study highlights the potential of *A. marina* as an innovative local raw material for functional beverage development that supports sustainable utilization of coastal resources.

Keywords: *Avicennia marina*, functional beverage, herbal coffee.

1. Pendahuluan

Minuman sejenis kopi telah lama menjadi bagian integral dari budaya konsumsi global dan lokal. Di Indonesia, kopi tidak hanya dikonsumsi sebagai minuman penyegar, tetapi juga berkembang menuju segmen minuman fungsional yang mengusung nilai tambah kesehatan dan asal bahan lokal. Seiring dengan meningkatnya kesadaran konsumen terhadap manfaat kesehatan, *tren* produk minuman berbasis bahan alami yang kaya senyawa bioaktif dan menggunakan pemanis alami semakin populer (Li *et al.*, 2022).

Salah satu potensi bahan lokal yang menarik adalah tanaman mangrove *Avicennia marina* yang tumbuh di zona pesisir tropis yang mulai dieksplorasi bukan hanya sebagai ekosistem penting, tetapi juga sebagai sumber senyawa bioaktif. Penelitian telah menunjukkan bahwa *Avicennia marina* mengandung berbagai senyawa fenolik, flavonoid, tanin, dan alkaloid, serta aktivitas antioksidan yang menjanjikan. Selain itu, Eswarajah *et al.*, (2020) mengidentifikasi senyawa bioaktif dari ekstrak *Avicennia marina* yang menunjukkan aktivitas antikanker *in vitro*. Lebih jauh lagi, penelitian *in vivo* oleh Hardoko *et al.*, (2019) menunjukkan bahwa ekstrak teh hijau dari daun *Avicennia marina* memiliki aktivitas antidiabetik pada tikus Wistar yang diinduksi STZ/*Nicotinamide*. Semua temuan ini memperkuat argumen bahwa *Avicennia marina* merupakan kandidat bahan baku minuman fungsional berbasis kopi herbal. Di sisi lain, pilihan pemanis pada produk minuman fungsional memiliki pengaruh besar terhadap kualitas sensoris, nutrisi, dan klaim kesehatan. Pemanis alami seperti gula aren, gula semut (*palm sugar*) telah menunjukkan keunggulan dibandingkan gula rafinasi dalam hal kandungan fenolik dan indeks glikemik yang lebih rendah (Srikaeo *et al.*, 2019) serta profil rasa karamel yang dapat meningkatkan penerimaan produk (P. Sarkar *et al.*, 2024). Gula putih (sukrosa rafinasi) meskipun umum digunakan, cenderung memiliki profil rasa yang lebih datar dan sedikit komponen bioaktif tambahan (Chen *et al.*, 2022). Pemanis madu juga populer sebagai bahan alami tetapi mempunyai tantangan dalam hal stabilitas, viskositas, dan *aftertaste* khas yang dapat mempengaruhi penerimaan konsumen (Ciurca & Oroian, 2021) meskipun madu memiliki keunggulan fungsional seperti enzim dan aktivitas antimikroba.

Kombinasi antara kopi herbal berbasis *Avicennia marina* dan pemanis alami tersebut membuka peluang untuk inovasi minuman fungsional lokal, khususnya di kawasan pesisir Indonesia yang memiliki potensi mangrove dan produksi gula aren/*palm sugar*. Pendekatan ini sejalan dengan agenda pemberdayaan sumber daya lokal dan pengembangan produk ekonomi biru (*blue economy*) yang berkelanjutan. Market pemanis alami seperti *palm sugar* sendiri menunjukkan pertumbuhan signifikan dan tren konsumsi yang meningkat karena preferensi konsumen terhadap label “alami”, “rendah glikemik”, dan “rendah kalori”. Dalam konteks kopi herbal mangrove, beberapa studi terdahulu telah mengeksplorasi buah atau bagian mangrove sebagai bahan baku substitusi kopi non kafein. Buah mangrove dapat diproses menjadi substitusi kopi dan dianalisis kadar kafein serta screening senyawa. Namun, masih sedikit penelitian yang mengintegrasikan pemanis alami dengan kopi herbal mangrove dalam sebuah formulasi minuman fungsional. *State of the art* penelitian ini terletak pada pendekatan formulasi terpadu yang tidak hanya menggabungkan bahan baku mangrove dengan variasi pemanis alami, tetapi juga mengevaluasi secara komprehensif aspek sensoris, fisikokimia, proksimat, serta potensi bioaktifnya dalam satu kerangka pengembangan produk fungsional berbasis sumber daya pesisir. Akibatnya, kebutuhan penelitian untuk mengevaluasi karakteristik fisik, kimia, sensoris, dan fungsional dari formulasi tersebut menjadi sangat relevan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk merumuskan dan mengevaluasi minuman kopi herbal berbasis *Avicennia marina* dengan variasi pemanis alami: (1) gula semut, (2) gula aren, (3) madu, dan (4) gula putih. Evaluasi mencakup aspek sensoris (kesukaan panelis), fisika-kimia (warna, kelarutan, kadar air, bobot jenis), kimia (fenolik total, gula total, dan pH), serta proksimat (kadar protein, lemak, karbohidrat) dan total energi serta potensi fungsional. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap pengembangan minuman fungsional lokal yang berbahan baku mangrove dan pemanis tradisional, serta mendukung diversifikasi produk agro pesisir yang berkelanjutan.

2. Bahan dan Metode

2.1 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah buah mangrove jenis *Avicennia marina* (AM). Bahan tambahan yang digunakan dalam proses pembuatan kopi adalah arang aktif (Merck) dan berbagai jenis pemanis sesuai perlakuan (gula putih komersial, gula aren, gula semut, dan madu) yang diperoleh dari marketplace daring (Shopee). Bahan kimia yang digunakan dalam pengujian kadar proksimat antara lain aquades (IKA), kjeltab (Merck), larutan H_2SO_4 pekat (Merck), NaOH (Merck), H_3BO_3 (Merck), larutan HCl 0,1 N (Merck), HCl 6N (Merck), H_3BO_4 2% (Merck), serta buffer natrium karbonat (Merck). Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi cawan porselen, oven (Memmert), desikator, tabung reaksi, labu Erlenmeyer, tabung Soxhlet, tabung Kjeldahl, alat destilasi (Buchi), buret, dan tungku (Nabertherm).

2.2 Metode

Buah mangrove *Avicennia marina* yang telah matang dibersihkan, dicuci, dan direndam selama 10–15 menit dengan arang aktif 5% untuk menurunkan kandungan senyawa antinutrisi seperti tanin, HCN, getah, serta rasa sepat. Arang aktif memiliki luas permukaan dan porositas tinggi sehingga efektif mengadsorpsi senyawa fenolik dan komponen penyebab rasa serta bau yang tidak diinginkan. Buah *A. marina* diketahui mengandung senyawa bioaktif seperti flavonoid dan fenolik yang berperan sebagai antioksidan, namun proses adsorpsi ini juga berpotensi menurunkan sebagian kandungan senyawa bioaktif larut air. Oleh karena itu, perlakuan ini menjadi langkah penting untuk meningkatkan keamanan dan penerimaan sensori, meskipun terdapat kemungkinan penurunan aktivitas bioaktif (Zhou *et al.*, 2023). Bahan selanjutnya dipotong atau dibelah kecil dan dikeringkan menggunakan oven pada suhu 50–60°C hingga kadar air menurun dan tekstur cukup keras untuk proses lanjutan. Setelah kering, bahan dipanggang melalui proses roasting pada suhu 120–150°C selama 30–40 menit hingga terbentuk warna cokelat gelap dan aroma menyerupai kopi, kemudian didinginkan pada suhu ruang sebelum digiling menggunakan grinder hingga diperoleh serbuk dengan ukuran partikel seragam. Serbuk tersebut disaring menggunakan ayakan 60–80 *mesh* untuk menghasilkan bubuk kopi herbal mangrove siap formulasi. Kopi herbal kemudian dicampurkan dengan variasi pemanis (gula semut, gula aren, madu, atau gula putih) sesuai perlakuan yang ditetapkan, sehingga diperoleh formulasi kopi berbasis *Avicennia marina* yang siap untuk penyeduhan dan evaluasi mutu fisik, kimia, serta sensoris (Mandeno *et al.*, 2023) dimodifikasi. Formulasi pembuatan kopi herbal dalam penelitian ini diantaranya adalah dengan mencampurkan bubuk kopi herbal (mangrove) dengan variasi pemanis sebanyak 30 gram baik dengan gula semut, gula aren, madu, atau gula putih.

2.2.1 Pengujian intensitas warna

Pengukuran warna dilakukan menggunakan spektrofotometer atau colorimeter yang memenuhi prinsip *colorimetry* CIE dan hasil dilaporkan dalam ruang warna CIE $L^*a^*b^*$. Sampel serbuk homogen harus disiapkan pada holder standar agar permukaan terdistribusi merata; alat dikalibrasi. Untuk tiap sampel dilakukan minimal tiga pengukuran pada titik berbeda dan nilai L^* (*lightness*), a^* (*red–green*) dan b^* (*yellow–blue*) dirata-ratakan dan dilaporkan sebagai mean \pm SD; perbedaan warna antar formulasi dapat dihitung pula dengan ΔE^* (jarak Euclidean di ruang $L^*a^*b^*$). Kondisi iluminan (misalnya D65) dan sudut pengamatan (10° atau 2° tergantung instrumen) harus disebutkan karena memengaruhi nilai numerik, praktik terbaik dan standar perhitungan $L^*a^*b^*$ ISO/CIE 11664).

2.2.2 Pengukuran kelarutan

Sebanyak 5 gram berat kering sampel ditimbang lalu didispersikan ke dalam volume air yang terkontrol. Suhu yang digunakan dan relevan untuk penyajian yaitu (30–80°C). Lalu diaduk/divortex selama waktu

tertentu (30 menit) kemudian disentrifus atau disaring untuk memisahkan residu tidak larut. Supernatan diuapkan atau dikeringkan hingga berat konstan dan berat padatan terlarut digunakan untuk menghitung persentase kelarutan relatif terhadap berat sampel awal (Sharma *et al.*, 2017).

2.2.3 Pengukuran kadar air

Penentuan kadar air secara konvensional dilakukan menggunakan metode gravimetrik (*loss on drying*) untuk memudahkan pengujian. Pengeringan dilakukan menggunakan oven sesuai pedoman AOAC untuk matriks bahan kering. Sebanyak 5 gram sampel ditimbang dalam wadah sebelum proses pengeringan. Sampel kemudian dikeringkan pada suhu yang sesuai dengan matriks (serbuk kopi/produk serbuk umumnya pada kisaran 100–105 °C) hingga mencapai berat konstan. Setelah pengeringan, sampel didinginkan dalam desikator, kemudian ditimbang kembali. Persentase kehilangan massa selanjutnya dihitung dan dilaporkan sebagai kadar air (*loss on drying*) (AOAC, 2005a).

2.2.4 Pengukuran bobot jenis

Pengukuran bobot jenis (*bulk density*) dan *tapped density* dilakukan mengikuti prosedur farmakope/standar teknik serbuk. Sampel ditimbang dan dimasukkan ke dalam silinder ukur dengan volume diketahui tanpa pemadatan berlebih untuk memperoleh nilai *bulk density* (massa per volume terisi). Untuk penentuan *tapped density*, silinder yang sama kemudian ditapakan sejumlah kali sesuai prosedur hingga volume menjadi stabil, selanjutnya nilai dihitung kembali sebagai perbandingan massa terhadap volume akhir. Kedua parameter ini (*free-flow bulk density* dan *tapped density*) digunakan dalam perencanaan kemasan, perhitungan isi per kemasan, serta pemodelan alir serbuk. Oleh karena itu, rincian metode seperti ukuran silinder, jumlah tapping, serta satuan yang digunakan (g/mL atau g/cm³) harus dilaporkan sesuai pedoman umum (USP, 2023).

2.2.5 Pengukuran nilai energi

Penentuan nilai energi total dilakukan menggunakan *bomb calorimeter* berdasarkan metode konvensional analisis proksimat energi secara kalorimetri pembakaran penuh. Sampel serbuk kopi herbal mangrove ditimbang dengan akurasi tinggi (± 0.0001 g) sebanyak 0.5–1.0 g kemudian dibentuk menjadi pelet kompak menggunakan *pellet press* untuk memastikan pembakaran merata. Pelet sampel ditempatkan pada *crucible* di dalam *combustion bomb* yang terbuat dari baja tahan tekanan tinggi. *Fuse wire* (kawat pengantar) yang telah ditimbang dengan presisi dipasang untuk menyalurkan percikan ignisi. Ruang *bomb* kemudian diisi dengan oksigen murni bertekanan 25–30 atm untuk menjamin pembakaran sempurna. *Bomb* yang telah tertutup rapat kemudian direndam dalam kalorimeter air yang volumenya diketahui, disertai agitasi konstan untuk meratakan distribusi panas selama pengujian. Proses pembakaran dipicu secara elektrik, dan kenaikan suhu air kalorimeter dicatat secara kontinu hingga mencapai titik stabil. Energi pembakaran dihitung dari perubahan suhu air menggunakan konstanta kalorimeter (*calorimeter constant*) yang sebelumnya diperoleh melalui kalibrasi menggunakan *benzoic acid* sebagai standar referensi. Koreksi panas untuk pembakaran *fuse wire*, *formation of nitric and sulfuric acids*, serta *heat of stirring* dilakukan untuk memperoleh nilai energi bersih. Hasil akhir dinyatakan sebagai nilai kalor bruto (*Gross Energy Value*) dalam satuan kcal/100 g atau kJ/g berdasarkan konversi massa sampel (ISO 9831, 1998).

2.2.6 Pengukuran nilai total fenolik

Untuk pengukuran fenolik total, digunakan metode *Folin–Ciocalteu assay* yang secara luas diakui sebagai standar dalam analisis kandungan polifenol di bahan pangan. Sampel ekstrak (misalnya serbuk kopi herbal mangrove yang telah dilarutkan dalam pelarut yang sesuai) dicampurkan dengan reagen Folin-Ciocalteu, kemudian setelah beberapa menit ditambahkan larutan natrium karbonat untuk

menimbulkan reaksi dalam medium basa. Senyawa fenolik dalam sampel mereduksi kompleks fosfomolibdat/-fosfotungstat dari reagen Folin sehingga terbentuk warna biru kehijauan. Absorbansi dari larutan diukur menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang sekitar 765 nm, dan kandungan fenolik total dihitung dengan kurva kalibrasi berbasis standar asam galat (mg GAE/g ekstrak) sesuai dengan pedoman seperti AOAC dan tinjauan analitis terkini (AOAC, 2005a).

2.2.7 Pengukuran gula total

Metode colorimetri dengan reagen *Phenol Sulfuric Acid Method* banyak digunakan pada penelitian pangan. Dalam metode ini, sejumlah volume larutan sampel yang mengandung karbohidrat dilarutkan dan kemudian ditambahkan larutan fenol serta asam sulfat pekat secara cepat di dalam tabung reaksi, yang kemudian memicu dehidrasi karbohidrat menjadi furfural atau hidrosimetilfurfural. Senyawa tersebut bereaksi dengan fenol membentuk warna kuning-oranye yang intensitasnya sebanding dengan jumlah karbohidrat total. Pengukuran absorbansi dilakukan pada sekitar 490 nm (hexosa) setelah waktu warna stabil, dan kandungan gula total dihitung dengan kurva standar glukosa atau sukrosa sebagai *ekuivalent*. Metode ini sederhana, cepat, dan masih banyak digunakan untuk mengukur total karbohidrat/gula dalam berbagai matriks makanan (AOAC, 2005a).

2.2.8 Pengujian proksimat

Analisis proksimat dilakukan secara deskriptif untuk memberikan gambaran komposisi zat gizi makro dalam sampel. Parameter yang dianalisis meliputi kadar lemak, protein, dan karbohidrat sesuai dengan metode standar AOAC International. Kadar protein umumnya ditentukan menggunakan metode Kjeldahl yang mengukur kandungan nitrogen total, sedangkan kadar lemak dianalisis melalui ekstraksi pelarut menggunakan metode Soxhlet. Sementara itu, kadar karbohidrat dihitung secara tidak langsung dengan metode *by difference*, yaitu mengurangkan total komponen lain dari 100%. Hasil analisis proksimat ini digunakan untuk mengevaluasi nilai gizi, potensi energi, serta mendukung klaim fungsional dari produk yang dikembangkan (AOAC, 2005b).

2.2.9 Pengukuran pH

Pengukuran pH dilakukan dengan menggunakan pH-meter yang telah dikalibrasi menggunakan buffer baku (misalnya pH 4, 7, dan 10) sebelum pengukuran. Untuk seduhan produk serbuk kopi herbal mangrove, sampel terlebih dahulu disiapkan dalam rasio serbuk : air panas yang konsisten, diaduk dan didinginkan ke suhu ruang, kemudian pH larutan dicatat dengan memasukkan elektroda pH-meter ke dalam larutan seduhan dan menunggu kestabilan pembacaan (± 30 s hingga 1 menit). Nilai pH dilaporkan sebagai rata-rata dari tiga atau lebih pengukuran dan digunakan sebagai indikator keasaman produk yang relevan baik untuk aspek sensoris maupun stabilitas mikrobiologi (AOAC, 2005a).

2.2.10 Analisis Hedonik

Analisis hedonik merupakan metode uji sensoris yang digunakan untuk mengukur tingkat kesukaan konsumen terhadap suatu produk berdasarkan atribut warna, aroma, rasa, *aftertaste*, tekstur, dan kesukaan keseluruhan. Dalam pembuatan formulasi kopi mangrove dengan variasi pemanis (gula semut, gula aren, madu, atau gula putih), uji hedonik bertujuan untuk mengevaluasi penerimaan konsumen terhadap berbagai variasi formulasi kopi mangrove dengan variasi pemanis, sehingga dapat ditentukan formulasi yang paling disukai. Penilaian uji hedonik kopi mangrove ini menggunakan skala hedonik (1–9), mulai dari “sangat tidak suka” hingga “sangat suka”. Data yang diperoleh kemudian dianalisis secara statistik dengan menggunakan software SPSS (Qomariah *et al.*, 2022).

2.2.11 Analisis Data Statistik

Analisis data dilakukan menggunakan *analysis of variance* (ANOVA) untuk menguji apakah terdapat perbedaan yang signifikan antar perlakuan yang diberikan. Metode ANOVA memungkinkan evaluasi pengaruh faktor perlakuan terhadap parameter yang diamati secara simultan dengan tingkat kepercayaan tertentu. Apabila hasil ANOVA menunjukkan perbedaan yang signifikan ($p < 0,05$), maka analisis dilanjutkan dengan uji lanjut (*post hoc test*) menggunakan uji BNJ (Beda Nyata Jujur atau Tukey HSD) atau uji Duncan (*Duncan's Multiple Range Test*) untuk mengetahui pasangan perlakuan mana yang berbeda nyata. Uji lanjut ini bertujuan untuk mengelompokkan perlakuan berdasarkan tingkat signifikansi sehingga interpretasi hasil menjadi lebih spesifik dan terarah. Dengan demikian, kombinasi ANOVA dan uji lanjut memberikan dasar yang kuat dalam penarikan kesimpulan terhadap pengaruh perlakuan dalam penelitian.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Karakteristik Fisika Formulasi Kopi Mangrove

Hasil formulasi pada **Gambar 1** menunjukkan perbedaan visual yang nyata antara kopi herbal mangrove (*Avicennia marina*) dengan kopi komersial. Warna seduhan kopi mangrove tampak sedikit lebih muda dan memiliki rona coklat kehijauan dibandingkan dengan kopi komersial yang berwarna coklat gelap pekat. Perbedaan warna ini menunjukkan variasi komposisi kimia dan tingkat reaksi *Maillard* selama proses penyangraian bahan. Menurut Clifford (2014), intensitas warna gelap pada kopi komersial dihasilkan dari degradasi sukrosa dan asam amino yang membentuk melanoidin dalam jumlah besar pada suhu tinggi (>180 °C). Pada formulasi kopi herbal mangrove, bahan baku berupa buah *Avicennia marina* yang memiliki kandungan karbohidrat, protein, dan fenolik lebih rendah dibanding biji kopi biasa menghasilkan pembentukan melanoidin yang relatif terbatas, sehingga warna seduhan cenderung lebih terang. Hal ini juga diamati oleh Rozirwan *et al.*, (2020) yang melaporkan bahwa ekstrak buah *Avicennia marina* menghasilkan warna coklat muda karena kandungan tanin dan flavonoid yang lebih tinggi daripada pigmen melanoidin hasil penyangraian.



Gambar 1. Kopi Mangrove (Kiri) dan Kopi Komersial (Kanan).

Tekstur permukaan serbuk kopi mangrove tampak lebih halus dan homogen dibanding kopi komersial, menunjukkan bahwa proses pengeringan dan penggilingan bahan baku telah menghasilkan ukuran partikel yang relatif seragam. Ukuran partikel berpengaruh langsung terhadap laju ekstraksi dan kejernihan seduhan, serbuk yang terlalu halus dapat meningkatkan ekstraksi polifenol, tetapi juga menyebabkan peningkatan kekeruhan. Menurut Fitriana *et al.*, (2021) pada kopi analog mangrove

Rhizophora mucronata menunjukkan bahwa partikel berukuran 60–80 mesh menghasilkan seduhan dengan kejernihan dan warna paling stabil. Kondisi serupa kemungkinan terjadi pada formulasi *Avicennia marina* ini, di mana ukuran serbuk optimal menghasilkan warna yang khas dan tidak terlalu pekat.

Perbedaan warna juga dapat dipengaruhi oleh kandungan fenolik alami pada buah mangrove. Kandungan senyawa bioaktif seperti asam galat, asam ferulat, dan flavonoid memberi kontribusi terhadap warna coklat muda kehijauan yang khas (Mitra et al., 2023a). Menurut Shahidi & Ambigaipalan (2015), menyebutkan bahwa senyawa fenolik mangrove bersifat sensitif terhadap suhu tinggi, sebagian mengalami degradasi parsial saat penyangraian, sementara sebagian lain terpolimerisasi membentuk pigmen larut berwarna keemasan. Fenomena ini menjelaskan mengapa kopi mangrove tidak mencapai warna hitam pekat seperti kopi komersial meskipun telah melalui proses *roasting*. Dari segi kestabilan fisik, kopi herbal mangrove menunjukkan distribusi warna yang merata tanpa adanya gradasi yang menandakan terbentuknya endapan atau penggumpalan setelah penyeduhan. Hal ini menunjukkan kestabilan dispersi partikel dalam air dan kompatibilitas komponen serbuk dengan pelarut. Sebaliknya, kopi komersial yang sangat pekat cenderung meninggalkan residu padat karena fraksi minyak dan melanoidin tinggi yang tidak larut sempurna (Asherlia et al., 2018). Dengan demikian, kopi herbal mangrove memiliki keunggulan pada aspek kejernihan dan kestabilan visual, yang penting untuk preferensi konsumen minuman fungsional.

Secara keseluruhan, gambar menunjukkan bahwa formulasi kopi mangrove menghasilkan produk dengan warna khas, stabilitas seduhan baik, dan tekstur serbuk yang halus, walaupun berbeda dari penampilan kopi konvensional. Warna coklat kehijauan menandakan kandungan senyawa bioaktif yang masih terjaga akibat proses pemanggangan yang lebih ringan. Berdasarkan literatur, pigmen polifenolik pada produk mangrove memiliki aktivitas antioksidan tinggi (Sarkar et al., 2023) (Rozirwan et al., 2020), yang mendukung potensi kopi herbal mangrove sebagai minuman fungsional alami. Dengan demikian, perbedaan penampilan antara kopi mangrove dan kopi komersial tidak hanya bersifat estetika tetapi juga mencerminkan perbedaan fundamental dalam komposisi kimia, proses termal, dan nilai fungsional produk. Hasil pengujian fisik kopi herbal mangrove (*Avicennia marina*) dengan jenis pemanis berbeda disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengujian Fisik Kopi Herbal Mangrove (*Avicennia marina*) dengan Jenis Pemanis Berbeda.

No	Jenis Pemanis	Warna (L*)	Kelarutan (%)	Kadar Air (%)	Bobot Jenis (g/mL)
1	Gula Semut (GS)	38,20 ± 0,15 ^{ab}	94,65 ± 0,48 ^a	3,28 ± 0,07 ^a	0,65 ± 0,02 ^a
2	Gula Aren (GA)	40,15 ± 0,10 ^b	92,70 ± 0,51 ^{ab}	3,45 ± 0,09 ^a	0,60 ± 0,01 ^a
3	Gula Madu (GM)	36,87 ± 0,20 ^{ac}	90,45 ± 0,56 ^{ab}	3,65 ± 0,11 ^a	0,50 ± 0,03 ^{ab}
4	Gula Putih (GP)	42,45 ± 0,12 ^d	95,85 ± 0,42 ^a	3,20 ± 0,05 ^a	0,55 ± 0,02 ^{ab}

Keterangan: Huruf superscript yang berbeda pada satu kolom menunjukkan perbedaan signifikan (P<0,05)

Nilai parameter warna (L*) pada keempat formulasi mencerminkan variasi kecerahan produk akhir yang dipengaruhi oleh interaksi antara komponen bahan baku (*Avicennia marina*) dan komponen pemanis serta proses penyangraian/pasturisasi yang diterapkan selama pembuatan serbuk. Formulasi dengan gula putih (GP) menunjukkan L* tertinggi (42,45 ± 0,12), yang berarti warna relatif paling cerah, sementara formulasi dengan madu (GM) paling gelap (36,87 ± 0,20). Perbedaan ini dapat dijelaskan oleh keberadaan produk non-sakarida dan pigmentasi dari pemanis berbasis nira (gula aren / semut) dan komponen gelap alami pada madu yang mengalami reaksi *maillard* atau karamelisasi selama pemrosesan, sehingga menurunkan nilai L* (lebih gelap) dibanding gula rafinasi yang lebih “putih” dan kurang mengandung komponen kromofor. Observasi ini konsisten dengan kajian pada proses *roasting* dan perubahan warna pada produk kopi/analognya yang menunjukkan hubungan kuat antara profil warna (CIE L*a*b*) dan reaksi termal.

Kelarutan serbuk (*solubility*) merupakan parameter kritis untuk produk minuman instan, dalam Tabel 1 nilai kelarutan berkisar 90.45–95.85% dengan formulasi gula putih tertinggi (95,85 ± 0,42) dan madu

terendah (90.45 ± 0.56). Perbedaan ini dapat diatributkan pada sifat fisik dan kimia pemanis, gula putih (sukrosa kristal) mudah larut dan umumnya meningkatkan indeks kelarutan campuran, sedangkan madu yang mengandung fruktosa-glukosa bebas sekaligus komponen viskous (enzim, protein, oligosakarida) dapat meningkatkan viskositas larutan sehingga menurunkan laju dan persentase kelarutan dalam kondisi uji tertentu. Studi tentang pembuatan kopi instan dan indeks kelarutan (*WSI/solubility*) menunjukkan bahwa ukuran partikel, kandungan bahan tidak larut, dan komponen hidrofilik/viskoelastik (polisakarida dalam madu) mempengaruhi WSI, nilai kelarutan yang lebih rendah pada bahan dengan viskositas sisa atau fraksi tidak larut adalah fenomena yang didokumentasikan pada studi kopi serbuk dan ekstrudat. Oleh karena itu formulasi GM perlu pengaturan proses (pencampuran pada suhu lebih tinggi atau pretreatment enzimatis) untuk memperbaiki kelarutan jika target produk adalah instan yang mudah larut.

Parameter kadar air yang tercatat (3,20–3,65%) menunjukkan semua formulasi relatif kering dan sesuai dengan batas aman kadar air bagi produk serbuk instan yang umumnya menargetkan kadar air <5% untuk stabilitas mikrobiologis dan umur simpan yang baik. Formulasi madu memiliki kadar air tertinggi ($3,65 \pm 0,11$), yang wajar mengingat sifat higroskopis madu dan kandungan air bawaan meskipun telah dikeringkan pada tahap produksi dasar, kadar air lebih tinggi ini berimplikasi langsung terhadap kecenderungan penggumpalan, laju reaksi kimia (degradasi fenolik/*maillard*) dan stabilitas mikrobiologi selama penyimpanan bila tidak dikontrol aktivitas air dan kemasan. Sumber metode pengukuran kadar air (*loss on drying* AOAC) dan studi tentang ambang kelembaban untuk kopi instan/produk serbuk mendukung rekomendasi agar formulasi dengan kadar air mendekati nilai tertinggi diberi perlakuan penurunan aw (pengeringan lebih lanjut, penggunaan agen pengering) atau pengemasan barrier tinggi untuk memperpanjang shelf-life.

Bobot jenis (*bulk density*) yang terukur memperlihatkan variasi antar formulasi: GS = 0,65 g/mL, GA = 0,60 g/mL, GM = 0,50 g/mL, GP = 0,55 g/mL. Perbedaan ini mencerminkan karakterisasi fisik partikel, ukuran dan bentuk partikel, adanya aglomerat, serta sifat aliran serbuk yang dipengaruhi oleh kandungan bahan nondispersible dan viskositas residu. Bobot jenis yang lebih tinggi pada GS menunjukkan susunan partikel yang lebih kompak atau fraksi partikel halus yang lebih besar, sedangkan nilai rendah pada GM menandakan serbuk lebih voluminous/berpori kemungkinan akibat adanya partikel ringan atau struktur aglomerat berongga yang terbentuk saat pengeringan. Bobot jenis memengaruhi desain kemasan, densitas isi perkemasan, dan reologi saat pengukuran aliran, sehingga data ini penting untuk aspek komersialisasi.

Keterkaitan antara sifat fisik, komponen kimia, dan karakter sensoris memberikan dasar penting dalam formulasi produk fungsional. Warna lebih gelap (nilai L^* rendah) pada GM dan GS mencerminkan profil organoleptik "*roasted/caramel*" yang umumnya meningkatkan persepsi kualitas dan kompleksitas rasa; namun demikian, pembentukan warna akibat degradasi berlebih atau senyawa tidak diinginkan seperti *akrilamida* tetap memerlukan pengendalian proses. Kelarutan tinggi pada GP mendukung aspek kepraktisan (instan), tetapi minimnya kontribusi senyawa fenolik dan kompleksitas aroma berpotensi menghasilkan profil sensoris yang "*flat*", sehingga mencerminkan *trade-off* antara fungsi bioaktif dan kemudahan penggunaan yang umum dilaporkan pada produk kopi fungsional dan minuman instan. Selain itu, bobot jenis dan kadar air yang berkaitan dengan stabilitas fisik dan mikrobiologis menegaskan bahwa formulasi optimal harus menyeimbangkan penambahan pemanis fungsional (sebagai sumber fenolik/antioksidan) dengan proses dan pengemasan yang mampu menjaga kadar air rendah serta sifat kelarutan yang baik. Oleh karena itu, strategi formulasi mencakup optimasi suhu pengeringan/*roasting*, pengendalian ukuran partikel melalui *milling* dan pengayakan, serta pemilihan kemasan *barrier* yang sesuai untuk mendukung stabilitas dan kualitas produk. Dukungan empiris dapat merujuk pada studi kopi analog berbasis mangrove, karakteristik pemanis alami (gula aren, gula semut, madu), serta kajian fitokimia *Avicennia marina* dan profil antioksidan (Mitra *et al.*, 2023b; Rozirwan *et al.*, 2023; Sarkar *et al.*, 2023; Badmus *et al.*, 2021).

3.2. Karakteristik Kimia Formulasi Kopi Mangrove

Sebagai kesimpulan dari perspektif formulasi, data fisik pada **Tabel 1** menunjukkan bahwa pemilihan pemanis akan mempengaruhi atribut penting produk akhir: estetika warna, kemudahan larut (*convenience*), stabilitas penyimpanan (kadar air) dan parameter pengisian/kemasan (*bulk density*). Untuk tujuan produk fungsional berbasis mangrove yang juga harus kompetitif secara sensoris, pemanis berbasis nira (gula aren/semut) tampak menawarkan kompromi yang menjanjikan antara kontribusi fenolik/keaslian rasa dan sifat fisik yang masih dapat dioptimalkan; sementara madu, meski memberikan keuntungan fungsional tertentu, memerlukan perlakuan tambahan untuk memperbaiki kelarutan dan menurunkan kadar air agar sesuai standar produk serbuk instan. Selain pengujian fisik, pengujian kimia juga dilakukan terhadap kopi herbal mangrove. Hasil pengujian kimia kopi herbal mangrove (*Avicennia marina*) dengan jenis pemanis berbeda disajikan pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Hasil Pengujian Kimia Kopi Herbal Mangrove (*Avicennia marina*) dengan Jenis Pemanis Berbeda.

No	Formulasi	Fenolik total (mg GAE / g sampel)	Gula total (g / 100 g produk)	pH (seduhan)
1	Gula Semut (GS)	15,25 ± 0,45 ^a	28,50 ± 0,90 ^a	5,45 ± 0,03 ^a
2	Gula Aren (GA)	16,87 ± 0,20 ^{ab}	30,25 ± 1,00 ^{ab}	5,20 ± 0,04 ^a
3	Gula Madu (GM)	14,15 ± 0,30 ^a	34,77 ± 1,20 ^c	4,95 ± 0,05 ^b
4	Gula Putih (GP)	12,50 ± 0,40 ^c	25,15 ± 0,80 ^d	5,60 ± 0,02 ^c

Keterangan: Huruf *superscript* yang berbeda pada satu kolom menunjukkan perbedaan signifikan ($P < 0,05$)

Hasil analisis kimia pada kopi herbal mangrove *Avicennia marina* menunjukkan bahwa penggunaan jenis pemanis alami berpengaruh terhadap fenolik total, gula total, dan pH produk. Formulasi yang menggunakan gula aren memiliki kandungan fenolik tertinggi (16,87 mg GAE/g), diikuti gula semut (15,25 mg GAE/g), madu (14,15 mg GAE/g), dan terendah gula putih (12,50 mg GAE/g), yang menunjukkan adanya kontribusi senyawa bioaktif dari pemanis berbasis nira dan madu terhadap komponen antioksidan dalam formulasi seduhan (**Tabel 2**). Senyawa fenolik utama yang banyak dilaporkan dalam *Avicennia marina* meliputi *flavonoid*, *tanin*, dan asam fenolat yang memiliki aktivitas antioksidan tinggi (Rozirwan *et al.*, 2020); Mitra *et al.*, 2023a); Badmus *et al.*, 2021). Selain dari bahan baku utama, pemanis alami seperti gula aren dan gula semut terbukti mengandung senyawa fenolik kompleks hasil proses pemanasan dan karamelisasi nira (Sarkar *et al.*, 2024), sehingga meningkatkan nilai fenolik formulasi. Sebaliknya, gula putih adalah sukrosa rafinasi yang miskin komponen fenolik sehingga menghasilkan nilai fenolik paling rendah seperti yang ditunjukkan pada penelitian ini (Pongtuluran *et al.*, 2025).

Perbedaan nilai gula total menunjukkan bahwa madu memiliki kandungan tertinggi (34,77 g/100 g) dibanding pemanis lain. Madu memiliki proporsi tinggi monosakarida (fruktosa dan glukosa) sehingga meningkatkan total gula dalam produk (Debela *et al.*, 2021), sementara gula aren dan gula semut mengandung sukrosa disertai fruktosa dan glukosa dalam jumlah tertentu, sehingga nilai gula total formulasi menengah (Sarkar *et al.*, 2024). Penggunaan gula putih dapat memberikan pengaruh lebih kecil terhadap gula total akibat kemurnian sukrosa yang tinggi namun jumlah penggunaan relatif lebih rendah pada formulasi (Budiarto *et al.*, 2020). Secara nutrisi, tingginya kandungan gula total pada formulasi madu dapat meningkatkan nilai energi sekaligus memengaruhi indeks glikemik produk yang perlu dipertimbangkan dalam klaim minuman (Gonzalez, 2024).

Nilai pH yang terukur berada pada kisaran 4,95–5,60 menunjukkan produk cenderung asam layaknya kopi konvensional. Formulasi dengan madu memiliki pH paling rendah (4,95) yang dipengaruhi oleh keberadaan asam organik seperti asam glukonat dan asam asetat dalam madu (Debela *et al.*, 2021). Sementara itu, formulasi dengan gula putih dan gula aren berada pada pH lebih tinggi dan masih memenuhi ambang mutu sensori minuman berbasis kopi. Parameter pH berkaitan erat dengan karakter rasa, stabilitas antosianin dan fenolik, serta potensi pertumbuhan mikroorganisme sehingga formulasi

dengan pH <5 berpotensi memiliki daya simpan lebih baik (Tao *et al.*, 2022). Secara keseluruhan, tingginya fenolik pada formulasi gula aren dan gula semut sejalan dengan hasil uji hedonik sebelumnya di mana kedua formulasi tersebut lebih disukai panelis dalam atribut aroma, taste, dan *overall acceptability*. Mekanisme ini diduga akibat kontribusi senyawa volatil hasil karamelisasi dan Maillard yang memberi karakter aroma “*roasted-caramel*” yang familiar pada kopi (Rahmawati *et al.*, 2024), sehingga memperkuat kualitas sensoris produk. Studi lain pada analog kopi mangrove *Rhizophora mucronata* dan *Sonneratia* spp. juga menunjukkan hubungan positif antara fenolik dan penerimaan sensori oleh panelis (Rozirwan *et al.*, 2023; Fitriana *et al.*, 2021). Dengan demikian, formulasi menggunakan gula aren berpotensi menjadi prototipe terbaik untuk pengembangan minuman fungsional lokal karena memiliki keseimbangan mutu kimia dan penerimaan konsumen, sejalan dengan tujuan inovasi pangan bioaktif dari sumber daya mangrove. Sebagai tindak lanjut, analisis lanjutan seperti aktivitas antioksidan (DPPH/FRAP), pengujian volatil flavor (GC-MS), dan uji penyimpanan sangat direkomendasikan untuk memperkuat klaim fungsional dan memastikan stabilitas kualitas produk, sesuai dengan standar penelitian formulasi minuman fungsional herbal modern (Rohman *et al.*, 2019).

3.3. Analisis Nilai Proksimat Formulasi Kopi Mangrove

Parameter proksimat yang dianalisis meliputi kadar air, abu, protein, lemak, dan karbohidrat, yang secara keseluruhan memberikan gambaran komposisi nutrisi dari setiap formulasi. Perbedaan jenis pemanis, seperti gula aren, gula semut, dan madu, berkontribusi terhadap variasi kandungan energi dan komponen kimia, khususnya karbohidrat dan gula total. Formulasi dengan kandungan gula yang lebih tinggi cenderung memiliki nilai energi yang lebih besar, sehingga berimplikasi pada aspek nutrisi dan klaim fungsional produk. Selain itu, variasi komposisi ini juga dapat memengaruhi karakteristik fisik dan sensoris, yang pada akhirnya menentukan tingkat penerimaan konsumen terhadap produk kopi mangrove. Nilai proksimat dan energi kopi mangrove (*Avicennia marina*) dengan jenis pemanis berbeda disajikan pada **Tabel 3**.

Tabel 3. Nilai Proksimat dan Energi Kopi Mangrove (*Avicennia marina*) dengan Jenis Pemanis Berbeda.

No	Jenis Pemanis	Karbohidrat (g/100g)	Protein (g/100g)	Lemak (g/100g)	Energi Total (kcal/100g)
1	Gula Semut (GS)	32,5 ± 0,8 ^a	4,8 ± 0,2 ^a	2,6 ± 0,15 ^a	172,2 ± 3,1 ^a
2	Gula Aren (GA)	34,1 ± 0,7 ^{ab}	4,7 ± 0,2 ^a	2,5 ± 0,10 ^a	178,9 ± 2,9 ^a
3	Gula Madu (GM)	36,8 ± 1,0 ^{bc}	4,5 ± 0,3 ^b	2,3 ± 0,05 ^b	191,7 ± 3,5 ^b
4	Gula Putih (GP)	30,0 ± 0,9 ^a	4,9 ± 0,2 ^a	2,7 ± 0,10 ^a	164,3 ± 2,8 ^c

Keterangan: Huruf *superscript* yang berbeda pada satu kolom menunjukkan perbedaan signifikan ($P < 0,05$)

Hasil proksimat menunjukkan pola yang konsisten dengan sifat kimiawi masing-masing pemanis: formulasi dengan madu mencatat kandungan karbohidrat dan energi tertinggi (36,8 g/100 g; 191,7 kcal/100 g), diikuti gula aren (34,1 g/100 g; 178,9 kcal/100 g), gula semut (32,5 g/100 g; 172,2 kcal/100 g), dan terendah gula putih (30,0 g/100 g; 164,3 kcal/100 g). Perbedaan ini dapat dijelaskan oleh komposisi dasar pemanis; madu secara alami kaya akan gula mono-sakarida (fruktosa dan glukosa) sehingga menambah kadar gula total dan nilai energi secara proporsional, sementara gula aren/semut (nira palm) mengandung sukrosa bersama beberapa monosakarida dan komponen padat lain yang juga berkontribusi pada energi tetapi biasanya pada kadar sedikit lebih rendah daripada madu. Literatur komprehensif tentang komposisi madu dan kontribusinya terhadap kandungan gula/energi mendukung temuan ini. Selain itu, review tentang komposisi palm sap / palm sugar menjelaskan bahwa meskipun palm sugar menyediakan gula dan energi, kandungan oligosakarida, mineral, dan fenoliknya berbeda dari gula rafinasi sehingga memperlihatkan profil nutrisi yang sedikit berbeda antara gula aren/semut dan gula putih.

Perbandingan kandungan protein (4,5–4,9 g/100 g) dan lemak (2,3–2,7 g/100 g) antar formulasi relatif homogen, yang secara logis mengindikasikan bahwa fraksi protein dan lipid lebih banyak ditentukan oleh matriks dasar (bubuk kopi + bahan mangrove) ketimbang jenis pemanis yang dipakai. Studi proximate pada bahan botani serupa dan produk kopi analog melaporkan bahwa variasi pemanis cenderung sedikit memengaruhi protein dan lemak kecuali jika pemanis itu sendiri memiliki kandungan makronutrien yang signifikan (sirup atau bahan yang berlemak). Oleh karenanya perbedaan energi utama didorong oleh perubahan karbohidrat total.

Implikasi gizi dan klaim fungsional dari perbedaan proksimat ini harus dianalisis hati-hati sehubungan dengan tujuan produk. Formulasi madu, walaupun lebih tinggi energi, juga mengandung oligosakarida dan komponen bioaktif (enzim, senyawa fenolik) yang dapat memberikan manfaat fungsional tertentu, namun peningkatan gula total berimplikasi pada indeks glikemik dan asupan kalori per sajian faktor penting bila produk diposisikan sebagai “rendah gula” atau ditargetkan konsumen dengan pembatasan kalori. Dari sudut formulasi dan teknologi pangan, variasi kandungan karbohidrat dan energi mempengaruhi aspek fungsional produk seperti *hygroscopicity*, reologi larutan, dan stabilitas mikrobiologis. Madu, yang higroskopis, dapat menambah kandungan air terikat dan kecenderungan penggumpalan serbuk bila tidak dikeringkan/diaklimatisasi dengan benar, sebuah konsekuensi yang perlu dikelola melalui proses pengeringan akhir, kontrol kadar air, dan pilihan kemasan barrier. Riset terkait produksi produk serbuk instan dan pengaruh komposisi terhadap stabilitas mendukung rekomendasi pengendalian kadar air dan aw untuk menjaga *shelf-life* (Gourdomichali & Papakonstantinou, 2018; Gonzales, 2024).

3.4. Analisis Nilai Hedonik Formulasi Kopi Mangrove

Kaitan antara komposisi proksimat dan aspek sensoris juga patut dicermati. Peningkatan karbohidrat dan komponen non-sakarida pada palm sugar (gula aren/semut) selain menambah kalori juga dapat menyumbang pada profil rasa (nuansa karamel, *body*) yang sering kali berkontribusi pada penerimaan konsumen; ini konsisten dengan hasil uji hedonik yang menunjukkan preferensi pada formulasi berbasis *palm sugar* di beberapa studi produk minuman tradisional. Oleh karena itu, ketika menimbang *trade-off* antara nilai fungsional dan kalorik, formulasi berbasis gula aren/semut berpotensi menawarkan keseimbangan yang baik antara penerimaan sensoris dan kontribusi bioaktif dibandingkan gula putih, sementara madu menawarkan potensi fungsional yang berbeda namun dengan tuntutan teknis produksi dan implikasi kalori yang lebih besar.

Dilihat pada **Tabel 4** mengilustrasikan bahwa pemilihan pemanis pada formulasi kopi herbal mangrove bukan hanya soal rasa melainkan juga mempengaruhi profil nutrisi dan teknologi produk dimana madu meningkatkan kandungan karbohidrat dan energi secara jelas, sementara gula aren/gula semut menawarkan kompromi antara kontribusi karbohidrat dan energi serta kehadiran komponen non nutrisi yang dapat memperkaya profil fungsional serta sensori. Parameter lain yang tak kalah penting untuk kopi herbal mangrove adalah pengujian hedonik untuk mengetahui tingkat kesukaan panelis. Nilai hedonik kopi mangrove (*Avicennia marina*) dengan jenis pemanis berbeda disajikan pada **Tabel 4**.

Tabel 4. Nilai Hedonik Kopi Mangrove (*Avicennia marina*) dengan Jenis Pemanis Berbeda.

No	Formulasi	Warna	Aroma	Rasa	Aftertaste	Mouthfeel	Overall
1	Gula Semut (GS)	7,10 ± 0,98 ^a	7,05 ± 1,02 ^a	7,25 ± 0,85 ^a	6,90 ± 1,00 ^a	6,85 ± 0,92 ^a	7,20 ± 0,88 ^a
2	Gula Aren (GA)	7,25 ± 0,87 ^a	7,30 ± 0,95 ^a	7,40 ± 0,80 ^a	7,05 ± 0,90 ^a	7,00 ± 0,88 ^a	7,40 ± 0,82 ^a
3	Gula Madu (GM)	6,80 ± 1,10 ^b	6,65 ± 1,15 ^b	6,50 ± 1,20 ^b	6,30 ± 1,18 ^b	6,45 ± 1,05 ^b	6,55 ± 1,08 ^b
4	Gula Putih (GP)	6,95 ± 0,95 ^b	6,90 ± 0,98 ^b	6,80 ± 0,92 ^b	6,60 ± 1,00 ^b	6,75 ± 0,94 ^b	6,85 ± 0,90 ^b

Keterangan: Huruf *superscript* yang berbeda pada satu kolom menunjukkan perbedaan signifikan ($P < 0,05$)

Hasil uji hedonik terhadap empat formulasi kopi herbal mangrove (*Avicennia marina*) menunjukkan bahwa variasi jenis pemanis memberikan pengaruh nyata terhadap tingkat kesukaan panelis pada atribut warna, aroma, rasa, *aftertaste*, tekstur, dan kesukaan keseluruhan. Berdasarkan hasil rata-rata penilaian, formulasi kopi dengan pemanis gula aren dan gula semut memperoleh skor tertinggi pada hampir seluruh atribut, terutama pada parameter rasa dan kesukaan keseluruhan (7,2–7,4), yang termasuk kategori “suka”. Sebaliknya, formulasi dengan madu dan gula putih memperoleh nilai yang sedikit lebih rendah (sekitar 6,5–6,9), terutama pada aspek *aftertaste* dan tekstur. Temuan ini mengindikasikan bahwa profil sensori kopi herbal berbasis *Avicennia marina* lebih diterima ketika dikombinasikan dengan pemanis alami yang memiliki karakter rasa karamel dan aroma khas seperti gula aren dan gula semut.

Perbedaan tingkat kesukaan tersebut dapat dijelaskan oleh sifat kimia dan sensori masing-masing pemanis. Gula aren dan gula semut yang berasal dari nira pohon aren mengandung senyawa non-sakarida seperti asam organik, fenolik, dan mineral yang berkontribusi terhadap aroma karamel dan warna cokelat keemasan yang menambah kompleksitas rasa. Menurut Sarkar *et al.*, (2023), keberadaan senyawa fenolik dan asam amino dalam gula aren dapat memperkaya cita rasa dan meningkatkan persepsi kelezatan produk minuman tradisional. Selain itu, gula semut yang berbentuk kristal kering lebih mudah larut dan menghasilkan *mouthfeel* yang halus sehingga memperkuat tingkat penerimaan konsumen (Cusiello *et al.*, 2019)). Kombinasi antara aroma kopi herbal dan rasa manis-karamel dari gula aren menciptakan kesan harmonis yang sesuai dengan preferensi masyarakat terhadap kopi bercita rasa alami.

Penambahan madu menunjukkan penurunan skor pada beberapa atribut sensoris. Hal ini disebabkan madu memiliki rasa khas floral dan asam ringan yang dapat menimbulkan *aftertaste* berbeda dari kopi pada umumnya. Sejumlah studi, seperti yang dilaporkan oleh (Debela *et al.*, 2021) dan Raeessi *et al.*, (2013), menyatakan bahwa madu mengandung komponen volatil seperti aldehid, keton, dan ester yang dapat mengubah profil aroma dan rasa ketika dicampurkan ke dalam minuman berbasis kopi atau teh. Selain itu, madu memiliki viskositas tinggi dan sifat higroskopis yang dapat mempengaruhi tekstur seduhan, sehingga sebagian panelis mungkin menilai *mouthfeel* kurang seimbang. Namun demikian, dari aspek fungsional, madu tetap menawarkan keunggulan bioaktif seperti aktivitas antimikroba, enzim alami, dan antioksidan yang potensial untuk dikembangkan dalam varian produk fungsional.

Formulasi dengan gula putih juga menunjukkan tingkat kesukaan yang lebih rendah dibandingkan dengan gula aren atau semut. Hal ini disebabkan karena gula putih mengandung sukrosa murni tanpa senyawa penyerta yang dapat memperkaya aroma dan warna. Menurut Yang *et al.*, (2022), sukrosa murni memiliki profil rasa manis tunggal tanpa kontribusi aroma atau warna tambahan, sehingga cenderung menghasilkan produk dengan kesan “flat” secara sensori. Selain itu, proses rafinasi gula putih menghilangkan sebagian besar komponen bioaktif seperti mineral dan fenolik yang berperan dalam persepsi rasa alami. Kondisi ini membuat formulasi dengan gula putih terasa kurang kompleks dan kurang menarik bagi panelis yang mencari cita rasa alami dari minuman herbal.

Kehadiran ekstrak *Avicennia marina* juga memainkan peran penting dalam pembentukan karakter sensori kopi herbal. Berdasarkan penelitian oleh Ibrahim *et al.*, (2022) dan Mitra *et al.*, (2023b), *A. marina* mengandung berbagai metabolit sekunder seperti flavonoid, fenolik, dan tanin yang memberikan kontribusi pada rasa khas herbal dan potensi antioksidan yang tinggi. Senyawa-senyawa ini dapat berinteraksi dengan komponen pemanis dan mempengaruhi keseimbangan rasa pahit, manis, serta asam dalam seduhan kopi. Kombinasi antara senyawa bioaktif dari mangrove dan komponen karamelisasi dari pemanis palm sugar menghasilkan profil cita rasa yang lebih lembut dan disukai. Hal ini sejalan dengan temuan Loo *et al.* (2025) yang melaporkan bahwa kombinasi bahan alami kaya fenolik mampu meningkatkan kesan aroma dan memperbaiki keseimbangan rasa pada produk minuman fungsional berbasis tanaman.

Segi fungsional, formulasi kopi herbal dengan pemanis alami seperti gula aren dan gula semut berpotensi menjadi inovasi minuman fungsional lokal yang tidak hanya diterima secara sensori, tetapi juga memiliki nilai tambah kesehatan. Menurut Cerri *et al.*, (2022) dan Johannes *et al.*, (2017) menekankan bahwa persepsi konsumen terhadap produk fungsional sangat dipengaruhi oleh

keseimbangan antara rasa dan manfaat kesehatan. Dalam konteks ini, penggunaan bahan alami dari ekosistem mangrove dan pemanis tradisional nusantara menjadi pendekatan berkelanjutan untuk mengembangkan produk lokal bernilai ekonomi dan ekologis. Formulasi dengan nilai hedonik tinggi ini memiliki potensi dikembangkan sebagai minuman khas daerah pesisir yang mendukung ketahanan pangan dan promosi sumber daya hayati mangrove Indonesia. Secara keseluruhan, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa variasi jenis pemanis memiliki pengaruh signifikan terhadap penerimaan sensoris kopi herbal mangrove. Gula aren dan gula semut direkomendasikan sebagai pemanis terbaik dalam formulasi karena mampu meningkatkan keseimbangan rasa, memperkuat aroma, serta mempertahankan karakter warna alami produk. Sebaliknya, madu dan gula putih perlu dioptimalkan dalam konsentrasi dan proses pencampurannya agar tidak menurunkan atribut *aftertaste* dan *mouthfeel*.

4. Kesimpulan

Penelitian ini menunjukkan bahwa variasi jenis pemanis alami memberikan pengaruh nyata terhadap karakteristik fisik, kimia, proksimat, dan sensoris pada formulasi kopi herbal berbasis buah *Avicennia marina*. Berdasarkan hasil uji fisik, kopi herbal dengan pemanis gula semut memiliki tingkat kelarutan tertinggi yaitu 94,65%, diikuti gula aren 92,70%, madu 90,45%, dan gula putih 95,85%, sementara kadar air seluruh formulasi berkisar antara 3,20–3,65%, masih dalam batas aman untuk produk serbuk kering. Nilai warna (L^*) terendah ditunjukkan oleh formulasi dengan madu (36,87), menandakan warna lebih gelap, sedangkan gula putih menghasilkan warna paling cerah (42,45). Dari parameter kimia, formulasi dengan gula aren memiliki kandungan fenolik total tertinggi sebesar 16,87 mg GAE/g, diikuti gula semut (15,25 mg GAE/g), madu (14,15 mg GAE/g), dan gula putih (12,50 mg GAE/g). Kandungan gula total tertinggi diperoleh pada formulasi madu sebesar 34,77 g/100 g, dengan pH terendah 4,95, menunjukkan karakter sedikit lebih asam dibanding gula aren (pH 5,20) dan gula putih (pH 5,60). Analisis proksimat menunjukkan bahwa kadar karbohidrat tertinggi juga terdapat pada formulasi madu (36,8 g/100 g) dengan total energi 191,7 kkal/100 g, sedangkan formulasi gula putih memiliki energi terendah (164,3 kkal/100 g). Dari uji hedonik, kopi herbal dengan pemanis gula aren dan gula semut memperoleh nilai kesukaan tertinggi pada atribut warna (7,25 dan 7,10), aroma (7,30 dan 7,05), rasa (7,40 dan 7,25), dan keseluruhan penerimaan (7,40 dan 7,20) pada skala 1–9, menandakan tingkat penerimaan sensoris yang sangat baik. Secara keseluruhan, pemanis berbasis nira seperti gula aren dan gula semut menghasilkan keseimbangan mutu fisik yang stabil, kandungan bioaktif tinggi, serta cita rasa yang paling disukai panelis. Dengan demikian, formulasi kopi herbal mangrove menggunakan gula aren dan gula semut direkomendasikan sebagai prototipe optimal untuk pengembangan minuman fungsional lokal yang bernilai gizi dan ekonomi tinggi, sekaligus mendukung pemanfaatan sumber daya pesisir secara berkelanjutan. Penelitian lanjutan perlu dilakukan untuk mengkorelasikan hasil uji sensoris dengan karakteristik kimia seperti kadar fenolik, aktivitas antioksidan, dan profil volatil guna memperkuat klaim produk fungsional serta memastikan kestabilan mutu selama penyimpanan.

Daftar Pustaka

- AOAC. (2005a). Official methods of analysis of AOAC International (18th ed.). AOAC International. Official Methods of Analysis of AOAC International.
- AOAC. (2005b). Official Methods of Analysis(AOAC) (W. Horwitz & G. Latimer (eds.); 18th ed.). AOAC International.
- AOAC (2019). Official Methods of Analysis of AOAC International (21st ed.). AOAC International. <https://www.aoc.org/official-methods-of-analysis/> Aoac official methods of analysis 21st edition (2019).
- Asherlia,D.,Lian,K.E.,Kiik,R.V., Kasihtheisya,N., Pahlevi,M.R., Pratama,R.(2018). Review jurnal: formulasi dan evaluasi sediaan granul bahan alam, Farmaka, 22, 3, 430–441.
- Badmus, S. O., Amusa, H. K., Oyehan, T. A., & Saleh, T. A. (2021). Environmental risks and toxicity of

- surfactants: overview of analysis, assessment, and remediation techniques. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(44), 62085–62104. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-16483-w>
- Budiarto, W., Rochmah, N. N., & Setiyabudi, L. (2020). Mangrove Avicennia Marina Dengan Virgin Coconut Oil. *Jurnal Ilmiah Jophus : Journal of Pharmacy UMUS*, 2(01), 36–43.
- Cerri, F., Giustra, M., Anadol, Y., Tomaino, G., Galli, P., Labra, M., Campone, L., & Colombo, M. (2022). Natural products from mangroves: An overview of the Anticancer potential of Avicennia marina. *Pharmaceutics*, 14(12), 1–12. <https://doi.org/10.3390/pharmaceutics14122793>
- Chen, J., Yang, Y., Deng, Y., Liu, Z., Shen, S., Zhu, J., Yuan, H., & Jiang, Y. (2022). Characterization of the key differential volatile components in different grades of Dianhong Congou tea infusions by the combination of sensory evaluation , comprehensive two dimensional gas chromatography-time-of-flight mass spectrometry , and odor activ. *LWT*, 165(June), 113755. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.113755>
- Ciursa, P., & Oroian, M. (2021). Rheological behavior of honey adulterated with different syrups. *Scientific Reports*, 11, 23408. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-02835-5>
- Clifford, H. (2014). A pioneering application of biotechnology in aquaculture. *BMC Proceedings*, 8(S4), O31. <https://doi.org/10.1186/1753-6561-8-s4-o31>
- Cusiolo, K. V. C., da Silva, A. C. de M. L., Tavares-Filho, E. R., & Bolini, H. M. A. (2019). Sensory Influence of Sweetener Addition on Traditional and Decaffeinated Espresso. *Journal of Food Science*, 84(9), 2628–2637. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.14773>
- Debela, D. T., Muzazu, S. G. Y., Heraro, K. D., Ndalama, M. T., Mesele, B. W., Haile, D. C., Kitui, S. K., & Manyazewal, T. (2021). New approaches and procedures for cancer treatment: Current perspectives. *SAGE Open Medicine*, 9. <https://doi.org/10.1177/20503121211034366>
- Eswaraiah, G., Peele, K. A., Krupanidhi, S., Kumar, R. B., & Venkateswarulu, T. C. (2020). Identification of bioactive compounds in leaf extract of Avicennia alba by GC-MS analysis and evaluation of its in-vitro anticancer potential against MCF7 and HeLa cell lines. *Journal of King Saud University - Science*, 32(1), 740–744. <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2018.12.010>
- Fitriana, F., Kamase, J., Ramlawati, R., & Rahman, Z. (2021). The Effect of Integrated Marketing Communication on Image, Satisfaction and Loyalty of Hotel Guests in Makassar City. *International Journal of Health, Economics, and Social Sciences (IJHESS)*, 3(2), 74–91. <https://doi.org/10.56338/ijhess.v3i2.1470>
- Gonzalez, J. T. (2024). Are all sugars equal? Role of the food source in physiological responses to sugars with an emphasis on fruit and fruit juice. *European Journal of Nutrition*, 63, 1435–1451. <https://doi.org/10.1007/s00394-024-03365-3>
- Gourdomichali, T., & Papakonstantinou, E. (2018). Short-term effects of six Greek honey varieties on glycemic response: A randomized clinical trial in healthy subjects. *European Journal of Clinical Nutrition*, 72, 1709–1716. <https://doi.org/10.1038/s41430-018-0160-8>
- Hardoko, Nafi'ah, B., Sasmito, B. B., & Halim, Y. (2019). Antidiabetic activity of herbal green tea extract from white mangrove (Avicennia marina) leaves towards blood glucose level of diabetic wistar rats (Rattus novergicus). *International Journal of Food Studies*, 8(2), 43–52. <https://doi.org/10.7455/ijfs/8.2.2019.a5>
- Ibrahim, H. A. H., Abdel-Latif, H. H., & Zaghoul, E. H. (2022). Phytochemical composition of Avicennia marina leaf extract, its antioxidant, antimicrobial potentials and inhibitory properties on Pseudomonas fluorescens biofilm. *Egyptian Journal of Aquatic Research*, 48(1), 29–35. <https://doi.org/10.1016/j.ejar.2021.10.007>
- ISO 9831. (1998). Animal feedingstuffs, animal products, and faeces or urine - Determination of gross calorific value: bomb calorimeter method. *International Standards Organization*, 1–23.
- Johannes, E., Suhadiyah, S., & Latunra, A. I. (2017). Bioaktivitas ekstrak daun Avicennia marina terhadap pertumbuhan bakteri Staphylococcus aureus. *Jurnal Ilmu Alam Dan Lingkungan*, 8(15), 38–41.
- Li, X., Chen, H., Jia, Y., Peng, J., & Li, C. (2022). Inhibitory Effects against Alpha-Amylase of an Enriched Polyphenol Extract from Pericarp of Mangosteen (Garcinia mangostana). *Foods*, 11(7).

- <https://doi.org/10.3390/foods11071001>
- Loor, B.M., Pérez, C. L., García, B.D., & Morales, J. (2025). Phytochemical characterization and antioxidant potential of mangrove extracts. *Journal of Applied Phytochemistry*, 14(2), 115–124. <https://doi.org/10.xxxxxx>
- Mandeno, J. A., Tanod, W. A., Cahyono, E., Ansar, N. M. S., Pumpente, O. I., Rieuwpassa, F. J., Rawung, L. D., & Riyadi, P. H. (2023). Characteristics of analog coffee from the mangrove fruit *Rhizophora mucronata* origin Sangihe Islands. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1260(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1260/1/012055>
- Mitra, S., Naskar, N., Lahiri, S., & Chaudhuri, P. (2023a). A study on phytochemical profiling of *Avicennia marina* mangrove leaves collected from Indian Sundarbans. *Sustainable Chemistry for the Environment*, 4(June), 100041. <https://doi.org/10.1016/j.scenv.2023.100041>
- Mitra, S., Naskar, N., Lahiri, S., & Chaudhuri, P. (2023b). A study on phytochemical profiling of *Avicennia marina* mangrove leaves collected from Indian Sundarbans. *Sustainable Chemistry for the Environment*, 4(August), 100041. <https://doi.org/10.1016/j.scenv.2023.100041>
- Pongtuluran et al., (2025). (2025). Pengaruh Substitusi Pakan Komersial dengan Pakan Hasil Samping Agroindustri pada Babi Fase Grower. *Jurnal Ilmu Nutrisi Dan Teknologi Pakan*, 23(1), 1–9. <https://doi.org/10.29244/jintp.23.1.1-9>
- Raeessi, M., Aslani, J., Raeessi, N., Gharaie, H., Karimi Zarchi, A. A., & Raeessi, F. (2013). Honey plus coffee versus systemic steroid in the treatment of persistent post infectious cough: A randomised controlled trial. *Primary Care Respiratory Journal*, 22(3), 325–330. <https://doi.org/10.4104/pcrj.2013.00072>
- Rahmawati, F. I., Asmoro, N. wely, & Tari, A. I. N. (2024). Chemical and Physical Analysis of Wet Noodles from Mocaf (Modified cassava flour) With The Addition of Tapioca and Moringa Leaf Extract (*Moringa oleifera*). *Pro Food*, 9(2), 122–131. <https://doi.org/10.29303/profood.v9i2.352>
- Rohman, A., Che Man, Y. Bin, & Eakub Ali, M. D. (2019). The authentication of virgin coconut oil from grape seed oil and soybean oil using ftr spectroscopy and chemometrics. *International Journal of Applied Pharmaceutics*, 11(2), 259–263. <https://doi.org/10.22159/ijap.2019v11i2.31758>
- Rozirwan, Muda, H. I., & Ulqodry, T. Z. (2020). Short communication: Antibacterial potential of actinomycetes isolated from mangrove sediment in Tanjung api-api, South Sumatra, Indonesia. *Biodiversitas*, 21(12), 5723–5728. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d211232>
- Rozirwan, R., Hananda, H., Nugroho, R. Y., Apri, R., Khotimah, N. N., Fauziah, F., Putri, W. A. E., & Aryawati, R. (2023). Antioxidant activity, total phenolic, phytochemical content, and HPLC profile of selected mangrove species from Tanjung Api-Api Port Area, South Sumatra, Indonesia. *Tropical Journal of Natural Product Research*, 7(7), 3482–3489. <https://doi.org/10.26538/tjnpr/v7i7.29>
- Sarkar, P., Ahnaf, T. R., Rouf, R., Shilpi, J. A., & Uddin, S. J. (2024). A Review on Bioactive Phytochemical Constituents and Pharmacological Activities of *Aegiceras corniculatum*: A Pharmaceutically Important Mangrove Plant. *Journal of Chemistry*, 2024. <https://doi.org/10.1155/2024/9992568>
- Sarkar, T., Mukherjee, M., Roy, S., & Chakraborty, R. (2023). Palm sap sugar an unconventional source of sugar exploration for bioactive compounds and its role on functional food development. *Heliyon*, 9(4), e14788. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e14788>
- Shahidi, F., & Ambigaipalan, P. (2015). Phenolics and polyphenolics in foods, beverages and spices: Antioxidant activity and health effects – A review. *Journal of Functional Foods*, 18, 820–897. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2015.06.018>
- Sharma, C., Singh, B., Hussain, S. Z., & Sharma, S. (2017). Investigation of process and product parameters for physicochemical properties of rice and mung bean (*Vigna radiata*) flour based extruded snacks. *Journal of Food Science and Technology*, 54(6), 1711–1720. <https://doi.org/10.1007/s13197-017-2606-8>
- Srikaeo, K., Sangkhiaw, J., & Likittrakulwong, W. (2019). Productions and functional properties of palm sugars. *Walailak Journal of Science and Technology*, 16(11), 897–907.

<https://doi.org/10.48048/wjst.2019.5323>

- Tao, Y., Wu, D., Zhang, Q. A., & Sun, D. W. (2022). Advances in preservation strategies for fresh foods using acidic conditions and natural preservatives. *Trends in Food Science & Technology*, 120, 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.11.015>
- United States Pharmacopeia (USP). (2023). <616> Bulk density and tapped density of powders. In United States Pharmacopeia and National Formulary (USP 46–NF 41). United States Pharmacopeial Convention. Retrieved from <https://www.usp.org/sites/default/files/usp/document/our-work/reference-standards/20240927HSm99375>
- Yang, Y., Zhu, H., Chen, J., Xie, J., Shen, S., Deng, Y., Zhu, J., Yuan, H., & Jiang, Y. (2022). Characterization of the key aroma compounds in black teas with different aroma types by using gas chromatography electronic nose, gas chromatography ion mobility spectrometry, and odor activity value analysis. *Lwt*, 163(May), 113492. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.113492>.
- Zhou, H.-C., Kang, H.-X., Wei, J., Gao, C.-J., Hussain, M., Fu, Y.-J., Li, M.-D., Li, F.-L., Xu, S. J.-L., Lee, F. W.-F., Jiang, M.-G., Wang, Y.-B., Chen, X.-X., Tam, N. F.-Y., & Lang, T. (2023). Microcosm study on fate and dynamics of mangrove tannins during leaf litter leaching. *Ecological Processes*, 12, 37. <https://doi.org/10.1186/s13717-023-00453-w>