

APLIKASI BUBUK *Caulerpa racemosa* SEBAGAI PEWARNA ALAMI PADA COKELAT PUTIH BATANG

Hakan Furqon Sukmana Putra, Lukita Purnamayati*, Eko Nurcahya Dewi

Program Studi Teknologi Hasil Perikanan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Diponegoro
Jalan Prof. H. Soedarto, SH, Tembalang, Semarang, Jawa Tengah Indonesia 50275

Diterima: 23 Januari 2025/Disetujui: 30 April 2025

*Korespondensi: lukita.purnamayati@live.undip.ac.id

Cara sitasi (APA Style 7th): Putra, H. F. S., Purnamayati, L., & Dewi, E. N. (2025). Aplikasi bubuk *Caulerpa racemosa* sebagai pewarna alami pada cokelat putih batang. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 28(4), 431-441. <http://dx.doi.org/10.17844/jphpi.v28i4.62184>

Abstrak

Caulerpa racemosa merupakan salah satu rumput laut dengan kandungan klorofil yang tinggi. Potensi *C. racemosa* sebagai pewarna alami produk pangan masih belum banyak dilaporkan. Pigmen klorofil *C. racemosa* juga mempunyai kemampuan sebagai antioksidan. Cokelat putih batang memiliki warna yang pucat dan kurang diminati. Aplikasi *C. racemosa* pada cokelat putih batang diharapkan dapat menghasilkan cokelat batang kaya antioksidan dan berwarna hijau alami. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan konsentrasi bubuk *C. racemosa* terbaik pada cokelat putih batang berdasarkan karakteristik kimia, fisik, dan sensori. Bubuk *C. racemosa* ditambahkan pada cokelat putih batang dengan konsentrasi 0, 5, 10, dan 15%. Parameter yang dianalisis meliputi total klorofil, karotenoid, aktivitas antioksidan metode DPPH, warna, dan penilaian sensori. Penambahan bubuk *C. racemosa* berpengaruh terhadap kandungan klorofil, karotenoid, radical scavenging activity (RSA) dan IC_{50} , warna dan sensori cokelat putih batang. Penambahan bubuk *C. racemosa* 15% merupakan perlakuan terbaik dengan kandungan klorofil $38,05 \pm 4,70$ $\mu\text{g/mL}$, karotenoid $3,25 \pm 0,12$ $\mu\text{g/mL}$, RSA $97,10 \pm 0,14\%$ dan IC_{50} $216,96 \pm 0,29$ ppm kategori sangat lemah. Karakteristik warna perlakuan terbaik meliputi nilai L^* ($44,28 \pm 1,23$), a^* ($-11,44 \pm 0,39$), b^* ($39,59 \pm 0,50$), dan ΔE ($97,10 \pm 0,14$). Penambahan *C. racemosa* mampu menghasilkan cokelat batang dengan warna hijau yang menarik. Namun, penggunaannya belum mampu menghasilkan antioksidan yang baik dan menimbulkan rasa ikutan yang kurang disukai.

Kata kunci: anggur laut, antioksidan, ekstraksi hijau, lemak kakao, sensori

Application of *Caulerpa racemosa* Powder as Natural Colorant in White Chocolate Bars

Abstract

Caulerpa racemosa is a type of seaweed with high chlorophyll content. However, its use as a natural food coloring remains rare. Besides functioning as a natural dye, chlorophyll in *C. racemosa* has antioxidant properties. One of the potentials uses of *C. racemosa* is as a natural colorant in white chocolate bars, which typically have a pale, less attractive color. Incorporating *C. racemosa* into white chocolate bars is expected to produce green-colored chocolate bars rich in antioxidants. This study aimed to investigate the effect of adding *C. racemosa* powder to white chocolate bars and to determine the optimal addition level of *C. racemosa* powder. The seaweed powder was added to white chocolate bars at concentrations of 0%, 5%, 10%, and 15%. Results showed that adding *C. racemosa* powder had a big impact on the levels of chlorophyll, carotenoids, radical scavenging activity (RSA), IC_{50} , color, and taste of the white chocolate bars. The best



white chocolate bar was the one with 15% *C. racemosa* powder, which had 38.05 ± 4.70 $\mu\text{g/mL}$ of chlorophyll, 3.25 ± 0.12 $\mu\text{g/mL}$ of carotenoids, $97.10 \pm 0.14\%$ radical scavenging activity, and an IC_{50} of 216.96 ± 0.29 ppm. The white chocolate bar with 15% *C. racemosa* exhibited an L^* value of 44.28 ± 1.23 , an a^* value of -11.44 ± 0.39 , a b^* value of 39.59 ± 0.50 , and a ΔE of 97.10 ± 0.14 . Adding *C. racemosa* powder resulted in white chocolate bars with an appealing green color; however, its addition did not produce strong antioxidant effects and created an undesirable aftertaste.

Keywords: antioxidant, cocoa butter, green extraction, sensory, sea grapes

PENDAHULUAN

Caulerpa racemosa atau anggur laut merupakan salah satu jenis rumput laut hijau yang banyak dibudidayakan di perairan Indonesia. *C. racemosa* merupakan jenis alga hijau yang kaya akan pigmen klorofil dan karotenoid. Klorofil merupakan pigmen utama alga dalam proses fotosintesis, sedangkan karotenoid berfungsi sebagai pigmen antioksidan yang menghasilkan warna oranye hingga kemerahan. Kedua pigmen ini berpotensi sebagai bahan pangan fungsional (Etikasari *et al.*, 2017; Sanger *et al.*, 2018; Sasadara *et al.*, 2023). *C. racemosa* mengandung pigmen klorofil sebesar 12,96 mg/L lebih tinggi dibandingkan *Ulva lactuca* (Samad *et al.*, 2021). Pigmen pada rumput laut bermanfaat untuk menangkal radikal bebas, antivirus, antiinflamasi dan antibakteri sehingga diberi julukan *Feather Seaweed* (Septiyaningrum *et al.*, 2020). Kandungan pigmen yang tinggi membuka peluang pemanfaatan *C. racemosa* sebagai agen pewarna hijau.

Warna menjadi salah satu atribut penting pada produk pangan. Pewarna digunakan untuk meningkatkan penerimaan konsumen. Green FCF sebagai pewarna makanan sintetis masih banyak digunakan untuk meningkatkan daya tarik produk. Aplikasi pewarna tersebut dalam jangka panjang dapat berdampak negatif pada kesehatan di antaranya mutasi sel, kanker, dan alergi (Malabadi *et al.*, 2022). *C. racemosa* dapat menjadi salah satu solusi untuk menciptakan pewarna alami yang didapatkan dari proses ekstraksi. Ekstraksi pigmen pada *C. racemosa* dapat dilakukan menggunakan metode *green extraction*. Ekstraksi ini mengutamakan penggunaan jenis pelarut ramah lingkungan. *Green extraction* dapat dilakukan untuk memisahkan pigmen dari senyawa kompleks. Kelebihan dari *green extraction* adalah

jaminan hasil ekstraksi yang berkualitas dan aman (Morón-Ortiz *et al.*, 2024).

Cokelat merupakan salah satu produk pangan dengan konsumsi tinggi yang mengalami peningkatan hingga 14% per tahun (Purba *et al.*, 2018). Cokelat putih berasal dari *cocoa butter* sehingga produk berwarna putih kekuningan. Pewarnaan pada produk cokelat putih umumnya hanya berasal dari teh hijau yang biasa dikenal sebagai *matcha*. Penggunaan *matcha* meningkatkan kandungan antioksidan dan flavonoid pada cokelat putih (GodoÅ ikovÅ & IvaniÅ, 2019). Pewarnaan cokelat putih menggunakan bahan alam yang berasal dari laut salah satunya menggunakan *Nannochloropsis oculata* untuk menghasilkan cokelat berwarna hijau. Namun, penggunaannya memiliki kekurangan pada penerimaan sensori secara umum (Polat *et al.*, 2020). Kekurangan tersebut menyebabkan pembuatan cokelat putih menggunakan bahan baku *C. racemosa* sangat berpotensi untuk dikembangkan.

Pigmen klorofil pada *C. racemosa* menjadi pigmen yang dominan dengan total $21,09 \pm 0,60$ mg/g (Palaniyappan *et al.*, 2023). Pigmen klorofil memiliki sifat polar yang dapat larut dalam etanol, metanol, dan butanol. Pigmen ini juga bermanfaat sebagai antioksidan, antiinflamasi, antimutagenik, dan antikanker (Chamidah *et al.*, 2024). Ciri khas dari pigmen klorofil, yaitu strukturnya memiliki ekor hidrolarbolon yang panjang. Struktur tersebut menyebabkan klorofil dapat larut dalam lemak. Sifat klorofil yang dapat larut dalam lemak menyebabkan pelarut alami seperti minyak nabati menjadi alternatif pengganti pelarut organik.

Lemak kakao adalah salah satu jenis lemak nabati yang banyak digunakan sebagai bahan baku cokelat. Lemak kakao memiliki sifat ramah lingkungan serta dapat diproses menjadi senyawa *food grade*. Kelebihan

tersebut membuka peluang lemak kakao sebagai pelarut pigmen klorofil rumput laut *C. racemosa*. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan konsentrasi bubuk *C. racemosa* terbaik pada cokelat putih batang berdasarkan karakteristik kimia, fisik, dan sensori.

BAHAN DAN METODE

Pembuatan *C. racemosa* Bubuk

Rumput laut *C. racemosa* usia panen 40-45 hari didapatkan dari Balai Besar Perikanan Budidaya Air Payau (BBPBAP) Jepara dalam kondisi segar. Pembuatan *C. racemosa* bubuk dilakukan berdasarkan Dewi *et al.* (2022a). Rumput laut dicuci menggunakan air tawar sebanyak 2 kali, dibersihkan dari pasir, epifit dan akar yang masih menempel, dikeringkan menggunakan para-para dalam ruang selama 48 jam. Rumput laut kering dikecilkan ukurannya menggunakan *grinder* (Fomac FGD-Z100, Indonesia) dan disaring menggunakan *sieve* 50 mesh.

Pembuatan Cokelat Batang dengan Penambahan Bubuk *C. racemosa*

Pembuatan cokelat batang dilakukan berdasarkan Indiartho *et al.* (2025) dengan modifikasi pada proses pelelehan lemak kakao dan penambahan bubuk *C. racemosa*. Lemak kakao yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari Rumah Cokelat Bodag, Madiun, Jawa Timur. Lemak kakao disiapkan dan dilelehkan menggunakan *pengaduk magnet* (RRC LKTC-B1-T tipe 85-2, China) pada suhu 45°C hingga meleleh seluruhnya. Formulasi pembuatan cokelat batang dengan bubuk *C. racemosa* dapat dilihat pada Table 1.

Bubuk *C. racemosa* diekstraksi menggunakan lemak kakao pada suhu 55°C selama 1,5 jam dengan pengadukan. Hasil ekstraksi dimasukkan dalam *centrifuge* (Corona GL-08, China) selama 15 menit pada 4.000 rpm. Supernatan diambil dan dipisahkan

dari residu menggunakan pipet, kemudian digunakan dalam formulasi cokelat batang. Cokelat putih *compound* dilelehkan pada suhu 45°C menggunakan *pengaduk magnet* (RRC LKTC-B1-T tipe 85-2, China). Supernatan *C. racemosa* ditambahkan dan diaduk merata menggunakan batang pengaduk kaca. Adonan cokelat kemudian dicetak menggunakan cetakan silikon berukuran 11x4 cm dan didinginkan pada suhu 10°C menggunakan lemari pendingin (LG GN-B392RLCL, Korea Selatan) selama 15 menit hingga memadat, kemudian disimpan suhu -15°C pada lemari pendingin (LG GN-B392RLCL, Korea Selatan) selama 12 jam untuk mendapatkan struktur yang stabil. Cokelat batang dilepaskan dari cetakan, dilapisi dengan *foil aluminium* dan disimpan beku.

Analisis Total Pigmen Klorofil dan Karotenoid

Ekstraksi pigmen mengacu pada Phaisan *et al.* (2020) yang dimodifikasi. Sampel bubuk diambil dan dilelehkan menggunakan *pengaduk magnet* (RRC LKTC-B1-T tipe 85-2, China) pada suhu 45°C. Sampel ditambahkan pelarut dengan perbandingan 1:10 (m/v). Pelarut yang digunakan adalah metanol untuk ekstraksi karotenoid serta aseton untuk ekstraksi klorofil. Ekstrak divortex selama 15 menit pada kondisi gelap dan dimasukkan *centrifuge* (Corona GL-08, China) pada kecepatan 4.000 rpm selama 15 menit. Supernatan diambil dan dilakukan pengujian.

Pengujian pigmen klorofil dan karotenoid dilakukan sesuai metode Connan (2015). Pengujian total klorofil menggunakan spektrofotometri (Agilent Cary 60 UV-Vis, Amerika Serikat) pada panjang gelombang 630, 647, 664, 691, dan 750 nm. Perhitungan prediksi pigmen dilakukan menggunakan rumus sebagai berikut :

Table 1 Formulation of white chocolate bar with *C. racemosa* powder
 Tabel 1 Formulasi cokelat putih batang dengan bubuk *C. racemosa*

Materials (w/w)	0%	5%	10%	15%
Cocoa butter	50	45	40	35
<i>C. racemosa</i> powder	0	5	10	15
White chocolate compound	50	50	50	50



$$\text{Klorofil-a} = [-0.3319 \times (A_{630}-A_{750})] - [1.7485 \times (A_{647}-A_{750})] + [11.9442 \times (A_{664}-A_{750})] - [1.4306 \times (A_{691}-A_{750})] \pm 0.0020$$

$$\text{Klorofil-b} = [-1.2825 \times (A_{630}-A_{750})] + [19.8839 \times (A_{647}-A_{750})] - [4.8860 \times (A_{664}-A_{750})] - [2.3416 \times (A_{691}-A_{750})] \pm 0.0076$$

$$\text{Klorofil-c} = [21.3877 \times (A_{630}-A_{750})] + [10.3739 \times (A_{647}-A_{750})] - [5.3805 \times (A_{664}-A_{750})] - [5.5309 \times (A_{691}-A_{750})] \pm 0.0056$$

Pengujian total karotenoid dibaca menggunakan spektrofotometri UV-VIS pada panjang gelombang 480 dan 750 nm dan dihitung menggunakan rumus berikut:

$$\text{Total karotenoid} = 4(A_{480}-A_{750})$$

Analisis Aktivitas Antioksidan (IC₅₀)

Pengujian aktivitas antioksidan mengacu pada Lee *et al.* (2015). Sampel dilarutkan dalam metanol 1:10 (m/v), di-vortex, disentrifugasi menggunakan *centrifuge* (Corona GL-08, China) kecepatan 3.500 rpm selama 15 menit dan diambil supernatan sehingga didapatkan ekstrak metanol. Ekstrak metanol diencerkan antara 6,25-100 x10³ ppm dan masing-masing diambil sebanyak 2 mL. DPPH 1 mM ditambahkan sebanyak 2 mL dan di-vortex merata. Blangko disiapkan dengan menambahkan 2 mL larutan DPPH dalam 2 mL metanol dan di-vortex merata. Larutan disimpan dalam ruang gelap dan diinkubasi selama 30 menit, kemudian dibaca adsorbansinya menggunakan spektrofotometri (Agilent Cary 60 UV-Vis, Amerika Serikat) pada panjang gelombang 517 nm. Aktivitas antioksidan (%) dihitung menggunakan rumus berikut :

$$\text{Aktivitas antioksidan (\%)} = \frac{A-B}{A} \times 100$$

Keterangan:

A = blangko

B = sampel

Nilai IC₅₀ diartikan sebagai konsentrasi sampel yang digunakan untuk menghambat proses oksidasi sebesar 50%. Hasilnya dinyatakan dalam bentuk grafik perbandingan antar sampel. Perhitungan IC₅₀ dilakukan dengan modifikasi penelitian Peerakietkhajorn *et al.* (2024). Hasil adsorbansi dari 5 konsentrasi (100; 50; 25; 12,5; 6,25 x 10³ ppm) dilakukan *plotting data* untuk mendapatkan kurva regresi IC₅₀.

Uji Warna

Pengujian warna permukaan mengacu Sholicha *et al.* (2021). Pengujian dilakukan menggunakan 3NH *kolorimeter* tipe NH300 dari Tiongkok. Sampel diletakkan pada alas putih dan alat *kolorimeter* disiapkan. Kepala alat diletakkan tegak lurus dengan sampel dan dilakukan pengukuran hingga data didapatkan. Pengukuran L, a* dan b* dilakukan sebanyak 3 kali pengulangan dengan 3 sampel berbeda dan dicatat masing-masing nilainya.

Uji Sensori

Pengujian sensori mengacu pada Lončarević *et al.* (2019) dengan penyesuaian pada skala dan deskripsi atribut sesuai karakteristik cokelat dengan penambahan *C. racemosa*. Cokelat batang dipotong menjadi berukuran 20x15 mm dan dikemas dalam *aluminium foil*. Setiap sampel diberi kode dan disajikan secara acak kepada panelis dalam kondisi beku. Uji sensori dilakukan dengan melibatkan 30 orang panelis tidak terlatih. Panelis yang melakukan uji sensori adalah mahasiswa yang telah diberikan pengarahan singkat mengenai atribut penilaian. Penjelasan singkat mengenai sampel dilakukan sebelum panelis melakukan pengujian. Parameter uji sensori terdapat pada *Table 2*.

Analisis Data

Data parametrik dianalisis menggunakan metode rancangan acak lengkap (RAL) dan diuji statistik menggunakan *analysis of variance* (ANOVA) serta dilakukan uji lanjut Duncan dengan signifikansi pada 95%. Data non parametrik dianalisis menggunakan Kruskal Wallis dan dilakukan uji lanjut Mann Whitney. Analisis

Table 2 Sensory analysis parameters of white chocolate bar with *C. racemosa* powder
Tabel 2 Parameter pengujian sensori untuk cokelat putih batang dengan bubuk *C. racemosa*

Parameters	Description	Minimum (Score 1)	Maximum (Score 9)
Color intensity	Green color intensity of chocolate bar	Light white	Dark green
Cocoa butter aroma	Cocoa butter aroma intensity	None	Strong
Seaweed aroma	<i>C. racemosa</i> aroma intensity	None	Strong
Hardness	Force needed to break chocolate sample into two piece with front teeth	Very soft	Very hard
Melting speed	Time needed for chocolate to melt	Slowly (>10 seconds)	Quickly (< 1 seconds)
Sandy texture	Sandy texture upon melting	Very sandy	None
Sweetness intensity	Intensity of sweetness from table sugar	None	Strong
Aftertaste	The taste of chocolate bar in the mouth after swallowing	None	Strong

data dilakukan menggunakan SPSS 2016. Data dianalisis sebanyak 3 kali ulangan dan data sensori dilakukan oleh 30 panelis.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Total Pigmen Klorofil dan Karotenoid

Kandungan pigmen klorofil dan karotenoid cokelat *C. racemosa* dapat dilihat pada Table 3. Penambahan bubuk *C. racemosa* dengan konsentrasi yang berbeda berpengaruh nyata ($p<0,05$) terhadap total klorofil dan total karotenoid. Kandungan klorofil-a, klorofil-b,

total klorofil, dan total karotenoid tertinggi diperoleh pada penambahan 15%.

Pengujian total pigmen klorofil dan karotenoid dilakukan pada lemak kakao yang ditambahkan dengan bubuk *C. racemosa* dan pada cokelat putih batang. Tujuannya untuk mengetahui perubahan kandungan pigmen klorofil dan karotenoid ketika dilakukan penambahan cokelat putih. Klorofil-a hasil penelitian ini lebih tinggi dan klorofil-b lebih rendah dibandingkan penelitian Dewi *et al.* (2022b) yang menggunakan pelarut etanol untuk mengekstrak klorofil. Penggunaan

Table 3 Total chlorophyll and carotenoid of white chocolate bar with *C. racemosa* powder
Tabel 3 Total klorofil dan karotenoid cokelat putih batang dengan bubuk *C. racemosa*

	Sample treatments (%)	Chlorophyll-a (µg/mL)	Chlorophyll-b (µg/mL)	Total chlorophyll (µg/mL)	Total carotenoid (µg/mL)
Supernatant (cocoa butter and <i>C. racemosa</i>)	0	nd*	nd*	nd*	nd*
	5	6.45±1.14 ^b	4.36±0.46 ^{ab}	12.13±1.62 ^b	1.77±0.06 ^b
	10	11.21±2.16 ^b	7.25±1.21 ^b	18.18±2.63 ^b	3.46±0.57 ^c
	15	18.00±2.19 ^c	19.51±2.47 ^c	38.05±4.70 ^c	5.79±0.14 ^d
White chocolate product	0	nd*	nd*	nd*	nd*
	5	3.16±0.17 ^b	2.51±0.18 ^b	5.67±0.26 ^b	1.16±0.07 ^b
	10	6.25±0.68 ^c	4.57±0.75 ^c	10.82±1.43 ^c	2.24±0.28 ^c
	15	10.16±0.19 ^d	9.14±0.17 ^d	19.30±0.35 ^d	3.25±0.12 ^d



etanol sebagai pelarut *C. racemosa* hanya mampu menghasilkan klorofil-a sebesar 13,01 µg/mL, namun klorofil-b sebesar 55,40 µg/mL. Lemak kakao menunjukkan efektivitas tinggi dalam mengekstrak klorofil-a, namun kurang efektif terhadap klorofil-b, kemungkinan disebabkan oleh perbedaan tingkat kepolaran antara kedua jenis klorofil tersebut. Hasil penelitian sejalan dengan penelitian Chand *et al.* (2022) yang mengekstraksi daun bayam dengan pelarut organik menghasilkan kadar klorofil-a lebih tinggi dibandingkan klorofil-b.

Total karotenoid hasil penelitian lebih rendah dibandingkan penelitian Kurniawan *et al.* (2023) yang menggunakan pelarut etanol, etil asetat ataupun n-heksan. Perbedaan ini menunjukkan bahwa lemak kakao memiliki efektivitas yang lebih rendah dalam mengekstraksi karotenoid dibandingkan pelarut organik polar. Kandungan klorofil dan karotenoid pada lemak kakao berbanding lurus dengan produk cokelat putih batang yang dihasilkan. Namun, kandungan klorofil dan karotenoid pada cokelat putih batang lebih rendah dibandingkan pada lemak kakao. Hal ini karena adanya penambahan cokelat putih *compound*.

Radical Scavenging Activity dan IC₅₀

Hasil analisis aktivitas antioksidan disajikan pada Table 4. Penambahan bubuk *C. racemosa* dengan konsentrasi yang berbeda berpengaruh nyata ($p < 0,05$) nilai RSA dan IC₅₀. Perlakuan 0, 5, 10, dan 15% memiliki nilai RSA dan IC₅₀ yang berbeda nyata.

Nilai RSA tertinggi diperoleh pada cokelat putih batang dengan konsentrasi bubuk *C. racemosa* sebesar 15%. Sampel kontrol memiliki nilai RSA yang tinggi disebabkan penggunaan pelarut lemak kakao. Lemak kakao adalah salah satu pelarut hijau yang memiliki kemampuan sebagai senyawa antioksidan (Kowalska & Sidorcuk, 2007). Hasil penelitian ini lebih tinggi dibandingkan penelitian Rojas *et al.* (2024) yang menambahkan *blackberry* pada cokelat putih dengan nilai RSA sebesar 40,54%.

Cokelat putih batang dengan penambahan bubuk *C. racemosa* 15% menghasilkan nilai IC₅₀ terbaik dengan kategori antioksidan sangat lemah. Emelda (2015) menyatakan bahwa produk dengan nilai IC₅₀ lebih dari 200 ppm dikategorikan memiliki kemampuan aktivitas antioksidan sangat lemah. Hidayat *et al.* (2020) menyatakan bahwa *C. racemosa* memiliki IC₅₀ berkisar antara 452,37-484,59 ppm yang tergolong aktivitas antioksidan sangat lemah. Selain itu, nilai IC₅₀ juga dipengaruhi oleh proses pembuatan cokelat putih batang yang melibatkan proses pemanasan. Sayuti *et al.* (2021) menyatakan bahwa peningkatan suhu pengolahan dapat menyebabkan degradasi pada pigmen sehingga menurunkan aktivitas antioksidan.

Warna

Hasil analisis warna cokelat batang disajikan pada Table 5. Penambahan bubuk *C. racemosa* dengan konsentrasi yang berbeda berpengaruh nyata ($p < 0,05$) terhadap nilai

Table 4 Radical scavenging activity (RSA) and IC₅₀ of white chocolate bar with *C. racemosa* powder

Tabel 4 Radical scavenging activity (RSA) dan IC₅₀ cokelat putih batang dengan bubuk *C. racemosa*

Sample treatments (%)	RSA (%)	IC ₅₀ (ppm)
0	90.46±0.24 ^a	312.50±1.21 ^a
5	92.61±0.25 ^b	255.97±1.92 ^b
10	94.99±0.21 ^c	242.94±1.35 ^c
15	97.10±0.14 ^d	216.96±0.29 ^d

Average + standard error;

n = 30;

Different letter marks on the same line indicate significant differences.

Table 5 Color result of white chocolate bar with *C. racemosa* powderTabel 5 Hasil warna cokelat putih batang dengan bubuk *C. racemosa*

Sample treatments (%)	L*	a*	b*	ΔE
0	66.60±0.50 ^a	-6.53±0.17 ^c	34.32±1.26 ^a	75.23±0.24 ^a
5	54.86±0.94 ^b	-12.30±0.16 ^a	40.71±0.47 ^b	92.61±0.25 ^b
10	50.52±0.49 ^c	-11.20±0.05 ^b	39.74±1.12 ^b	94.99±0.21 ^c
15	44.28±1.23 ^d	-11.44±0.39 ^b	39.59±0.50 ^b	97.10±0.14 ^d

Average + standard error;

n = 30;

Different letter marks on the same line indicate significant differences.

L*, a*, b*, dan ΔE. Warna L* menunjukkan tingkat kecerahan dari produk. Perbedaan konsentrasi bubuk *C. racemosa* menghasilkan nilai L* yang berbeda nyata. Makin tinggi penambahan bubuk *C. racemosa* maka makin rendah nilai L*. Penurunan nilai L* menunjukkan penurunan tingkat kecerahan cokelat putih batang akibat penambahan bubuk *C. racemosa*.

Nilai a* mengukur intensitas warna hijau (-) dan merah (+) pada suatu produk. Perbedaan konsentrasi bubuk *C. racemosa* menghasilkan nilai a* yang berbeda nyata untuk perlakuan kontrol dan 5%, namun tidak berbeda nyata untuk perlakuan 10 dan 15%. Makin tinggi penambahan bubuk *C. racemosa* maka makin mendekati minus terendah untuk nilai a*. Nilai a* negatif pada seluruh sampel menunjukkan dominasi warna hijau.

Warna b* positif mengukur intensitas warna kuning dan nilai b* negatif mengukur intensitas warna biru. Perbedaan konsentrasi bubuk *C. racemosa* menghasilkan nilai a* yang berbeda nyata untuk perlakuan kontrol terhadap perlakuan lainnya. Nilai b* pada cokelat putih batang lebih tinggi dibandingkan dengan kontrol. Nilai warna pada cokelat putih batang dengan penambahan bubuk *C. racemosa* secara keseluruhan berwarna hijau yang disebabkan adanya kandungan klorofil. Peningkatan klorofil pada cokelat putih batang meningkatkan intensitas warna hijau, tetapi menurunkan kecerahan produk. Puspita *et al.* (2019) menyatakan bahwa *C. racemosa* berpotensi digunakan sebagai pewarna alami karena kandungan pigmen klorofil yang kuat. Klorofil juga berperan sebagai senyawa antioksidan.

Sensori

Hasil pengujian sensori disajikan pada Table 6. Penambahan bubuk *C. racemosa* dengan konsentrasi berbeda berpengaruh ($p < 0,05$) terhadap penilaian sensori. Perbedaan konsentrasi bubuk *C. racemosa* tidak berbeda nyata pada aroma lemak kakao, kekerasan, kecepatan meleleh, tekstur berpasir, dan intensitas rasa manis, namun berbeda nyata pada intensitas warna, aroma rumput laut, dan rasa ikutan (*aftertaste*).

Intensitas Warna

Perbedaan penambahan bubuk *C. racemosa* menghasilkan penilaian intensitas warna yang berbeda nyata. Penilaian tertinggi didapatkan pada cokelat putih batang dengan penambahan bubuk *C. racemosa* 15%, yaitu sebesar 8,26±0,14. Warna produk yang diharapkan adalah hijau pekat dengan skor 9. Hasil penelitian sudah mendekati skala 9 sehingga telah sesuai seperti yang diharapkan. Makin tinggi konsentrasi bubuk *C. racemosa* pada cokelat putih batang maka makin tinggi intensitas warna hijau. Sholicha *et al.* (2021) menyatakan bahwa produk mie semakin berwarna hijau pada konsentrasi *C. racemosa* yang lebih tinggi. Ketampakan warna cokelat putih batang *C. racemosa* dapat dilihat pada Figure 1.

Aroma Lemak Kakao

Perbedaan penambahan bubuk *C. racemosa* menghasilkan penilaian aroma lemak kakao yang tidak berbeda nyata. Aroma cokelat putih batang berhubungan dengan aroma lemak kakao. Lemak kakao memiliki aroma cokelat dengan karakteristik



Table 6 Sensory result of white chocolate bar with *C. racemosa* powder
Tabel 6 Penilaian kesukaan cokelat putih batang dengan bubuk *C. racemosa*

Parameters	Sample treatments (%)			
	0	5	10	15
Color intensity	2.74±0.22 ^a	6.26±0.19 ^b	7.26±0.14 ^c	8.26±0.14 ^d
Cocoa butter aroma	5.48±0.32 ^a	4.43±0.36 ^a	4.70±0.40 ^a	4.43±0.43 ^a
Seaweed aroma	2.17±0.52 ^a	3.26±0.41 ^{ab}	3.74±0.52 ^b	5.61±0.50 ^c
Hardness	4.74±0.27 ^a	3.65±0.36 ^a	4.52±0.50 ^a	4.74±0.49 ^a
Melting speed	5.39±0.45 ^a	5.87±0.48 ^a	6.17±0.50 ^a	5.78±0.47 ^a
Sandy texture	7.70±0.43 ^a	7.87±0.39 ^a	6.52±0.63 ^a	6.30±0.66 ^a
Sweetness intensity	6.48±0.29 ^a	6.22±0.23 ^a	6.30±0.32 ^a	6.35±0.34 ^a
Aftertaste	5.09±0.47 ^a	5.09±0.39 ^a	6.26±0.41 ^b	6.70±0.41 ^b

Average + standard error;

n = 30;

Different letter marks on the same line indicate significant differences.

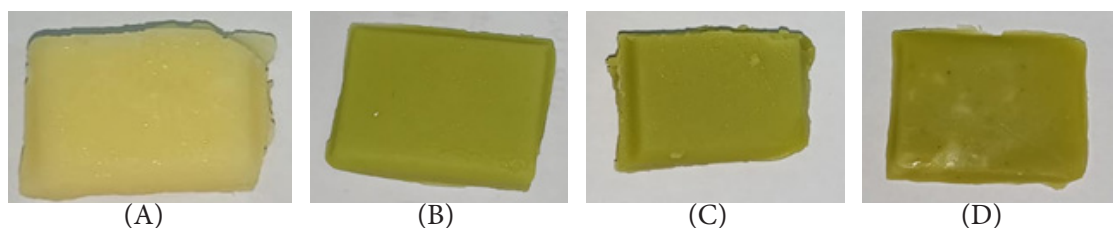


Figure 1 Appearance of white chocolate bar with enrichment of *C. racemosa* powder; (A) control (B) 5%, (C) 10%, (D) 15%

Gambar 1 Ketampakan cokelat putih batang dengan penambahan bubuk *C. racemosa*; (A) kontrol; (B) 5%, (C) 10%, (D) 15%

manis. Aroma tersebut berasal dari *pyrazines* yang menjadi senyawa volatil utama dalam pembentukan aroma cokelat. Senyawa ini terbentuk akibat reaksi Maillard selama proses pengolahan cokelat. Turunan senyawa *pyrazine* misalnya *2,3-diethyl-5-methylpyrazine* dan *3-isopropyl-2-methoxypyrazine* menghasilkan aroma kuat (Toker *et al.*, 2020). Hasil yang diperoleh pada penelitian ini menunjukkan bahwa penambahan bubuk *C. racemosa* tidak memengaruhi aroma lemak kakao yang khas pada cokelat putih batang.

Aroma Rumput Laut

Perbedaan penambahan bubuk *C. racemosa* menghasilkan penilaian aroma rumput laut yang berbeda nyata untuk perlakuan 10 dan 15% dan tidak berbeda nyata untuk kontrol dan 5%. Makin tinggi

konsentrasi bubuk *C. racemosa* pada cokelat putih batang maka makin tinggi aroma rumput laut. Aroma *C. racemosa* diduga berasal dari senyawa amina dan piridina. Kedua senyawa tersebut memiliki aroma khas produk laut, salah satunya rumput laut (Vilar *et al.*, 2020).

Kekerasan

Perbedaan penambahan bubuk *C. racemosa* menghasilkan penilaian kekerasan yang tidak berbeda nyata dengan kisaran 3,65-4,74. Skala penilaian atribut kekerasan berkisar dari sangat lunak (nilai terendah) hingga sangat keras (nilai tertinggi). Tingkat kekerasan adalah salah satu parameter yang perlu diperhatikan pada cokelat. Cokelat batang umumnya memiliki tekstur yang padat dan kekerasan yang tinggi ketika digigit.

Kecepatan Meleleh

Perbedaan penambahan bubuk *C. racemosa* menghasilkan penilaian kecepatan meleleh yang tidak berbeda nyata. Skor pelelehan coklat putih batang berkisar 5,39-6,17. Skor minimum menunjukkan kecepatan pelelehan sangat lambat (>10 detik), sedangkan skor maksimum menunjukkan pelelehan sangat cepat (<1 detik). Atribut tekstur yang terpenting dalam produk coklat salah satunya adalah kecepatan pelelehan dalam mulut. Pelelehan coklat dipengaruhi oleh rasio asam lemak jenuh dan tak jenuh. Kandungan asam lemak tak jenuh dalam matriks coklat menurunkan titik leleh coklat. Sebaliknya, asam lemak jenuh seperti asam palmitat dan stearat menyebabkan coklat memiliki titik leleh yang lebih tinggi (Nastaj *et al.*, 2024).

Tekstur Berpasir

Perbedaan penambahan bubuk *C. racemosa* menghasilkan penilaian tekstur berpasir yang tidak berbeda nyata. Skor tekstur berpasir coklat putih batang berkisar 6,30-7,87. Skor minimum pada atribut ini menunjukkan produk sangat berpasir ketika dikonsumsi, sedangkan skor maksimumnya adalah tidak adanya tekstur berpasir. Tekstur berpasir adalah tekstur yang dimiliki oleh produk ketika terdapat komponen yang tidak homogen dalam coklat. Komponen tersebut dapat berupa *C. racemosa* yang berukuran besar, gula yang tidak menyatu ataupun zat pengotor lain yang masuk dalam produk. Adanya komponen tersebut menyebabkan tekstur yang berbeda ketika dikonsumsi.

Intensitas Rasa Manis

Perbedaan penambahan bubuk *C. racemosa* menghasilkan penilaian intensitas rasa manis yang tidak berbeda nyata. Skor intensitas rasa manis coklat putih batang berkisar 6,22-6,48. Rasa manis pada coklat disebabkan penambahan gula ketika proses pembuatan coklat. Lemak kakao ataupun bubuk *C. racemosa* tidak memiliki rasa manis sehingga menjadi penyeimbang rasa manis gula pada produk coklat hijau batang. Skor minimum pada atribut ini adalah tidak ada rasa manis, sedangkan skor maksimumnya adalah rasa manis pekat.

Rasa Ikutan (Aftertaste)

Perbedaan penambahan bubuk *C. racemosa* menghasilkan penilaian rasa ikutan yang berbeda nyata. Skor rasa ikutan pada coklat putih batang dengan penambahan bubuk *C. racemosa* 10% dan 15% lebih tinggi dibandingkan dengan coklat putih batang kontrol dan coklat putih dengan penambahan bubuk *C. racemosa* 5%. Rasa ikutan produk merupakan rasa yang masih tertinggal pada area pengecapan sehingga dapat mengganggu konsumen. Skor minimum menunjukkan tidak adanya rasa ikutan produk dan skor maksimum menunjukkan munculnya rasa ikutan pekat setelah dikonsumsi. Hasil pada penelitian ini menunjukkan bahwa bubuk *C. racemosa* memberikan kontribusi pada rasa ikutan produk coklat putih batang sehingga perlu adanya komponen lain untuk mengurangi dampak rasa ikutan yang dihasilkan.

KESIMPULAN

Perlakuan terbaik coklat putih batang pada penambahan bubuk *C. racemosa* 15%. Penambahan bubuk *C. racemosa* meningkatkan kandungan klorofil, karotenoid, aroma rumput laut, dan rasa ikutan serta aktivitas antioksidan kategori sangat lemah.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penelitian ini dibiayai oleh Universitas Diponegoro melalui skema hibah Riset Pengembangan dan Penerapan (RPP) sumber dana Selain APBN UNDIP tahun anggaran 2024 dengan nomor kontrak 609-06/UN7. D2/PP/VII/2024 dengan ketua tim Lukita Purnamayati.

DAFTAR PUSTAKA

- Chamidah, A., Afrilia, H. C., Ahmad, M. G., & Arisandi, D. (2024). Isolasi klorofil a dan analisis aktivitas antioksidan dari mikroalga *C. vulgaris*. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 27(11), 1006-1020.
- Chand, B., Kumar, M., Prasher, S., Sharma, A., & Kumar, M. (2022). Aprotic and protic solvent for extraction of chlorophyll from various plants: Chemical characteristic and analysis. *Journal of*



- Physics: Conference Series*, 2267(1), 1-12.
- Connan, S. (2015). Spectrophotometric assays of major compounds extracted from algae. In: Stengel, D., Connan, S. (eds). *Natural Products from Marine Algae*. Methods in Molecular Biology, vol 1308. Humana Press, New York, NY.
- Dewi, E. N., Tassakka, A. C. M. A., Yuwono, M., Suyono, E. A., Purnamayati, L., & Alam, J. F. (2022a). Effect of chlorophyll in alginate-based edible film in inhibiting spoilage of fish snacks. *Canrea Journal: Food Technology, Nutritions, and Culinary Journal*, 5(1), 57-68.
- Dewi, E. N., Purnamayati, L., & Jaswir, I. (2022b). Effects of thermal treatments on the characterisation of microencapsulated chlorophyll extract of *Caulerpa racemosa*. *International Food Research Journal*, 29(6), 1279-1292.
- Emelda, A. (2015). Polyphenol total content, IC₅₀ and antioxidant activities of ethanol extract from some cocoa (*Theobroma cacao*) beans in South Sulawesi Indonesia. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*, 7(4), 1211-1214.
- Etikasari, R., Murharyanti, R., & Wiguna, A. S. (2017). Evaluasi pigmen karotenoid karang lunak *Sarcophyton* sp. sebagai agen antibakteri potensial masa depan. *Indonesia Jurnal Farmasi*, 2(1), 28-36.
- GodoÄ ikovÄ, L., & IvaniÄ, E. (2019). The impact of addition of different tea powders on the biological value of white chocolates. *Journal Of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*, 9, 396-399.
- Hidayat, T., Nurjanah., Jacob, A. M., & Putera, B. A. (2020). Aktivitas antioksidan *Caulerpa* sp. segar dan rebus. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 23(3), 566-575.
- Indiarto, R., Putri, N. W., Fetriyuna, F., Subroto, E., Irawan, A. N., Muhammad, D. R. A., & Lani, N. M. (2025). Quality improvement of plant-based white chocolate enriched with encapsulated blueberry juice. *Food Chemistry Advances*, 6, 1-12.
- Kowalska, J., & Sidorczyk, A. (2007). Analysis of the effect of technological processing on changes in antioxidant properties of cocoa processed products. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 57(2), 95-99.
- Kurniawan, R., Nurkolis, F., Taslim, N. A., Subali, D., Surya, R., Gunawan, W. B., Alisaputra, D., Mayulu, N., Salindeho, N., & Kim, B. (2023). Carotenoids composition of green algae *Caulerpa racemosa* and their antidiabetic, anti-obesity, antioxidant, and anti-inflammatory properties. *Molecules*, 28(7), 1-15.
- Lee, S. Y., Fu, S. Y., & Chong, G. H. (2015). Ultrasound-assisted extraction kinetics, fatty acid profile, total phenolic content, and antioxidant activity of green solvents' extracted passion fruit oil. *International Journal of Food Science & Technology*, 50(8), 1831-1838.
- Lončarević, I., Pajin, B., Šaponjac, V. T., Petrović, J., Vulić, J., Fišteš, A., & Jovanović, P. (2019). Physical, sensorial, and bioactive characteristics of white chocolate with encapsulated green tea extract. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 99(13), 5834-5841.
- Malabadi, R. B., Kolkar, K. P., & Chalannavar, R. K. (2022). Plant natural pigment colorants-health benefits: toxicity of synthetic or artificial food colorants. *International Journal of Innovation Scientific Research and Review*, 4, 3418-3429.
- Morón-Ortiz, Á., Mapelli-Brahm, P., & Meléndez-Martínez, A. J. (2024). Sustainable green extraction of carotenoid pigments: innovative technologies and bio-based solvents. *Antioxidants*, 13(2), 1-27.
- Nastaj, M., Sołowiej, B. G., Terpiłowski, K., Kucia, W., Tomasevic, I. B., & Podkościelna, J. (2024). Effects of whey proteins and erythritol combination on the physical and quality characteristics of untempered, high-protein white chocolates without the saccharose addition. *International Dairy Journal*, 157, 1-11.
- Palaniyappan, S., Sridhar, A., Kari, Z. A., Téllez-Isaías, G., & Ramasamy, T. (2023).

- Evaluation of phytochemical screening, pigment content, in vitro antioxidant, antibacterial potential and gc-ms metabolite profiling of green seaweed *Caulerpa racemosa*. *Marine Drugs*, 21(5), 1-23.
- Peerakietkhajorn, S., Worakit, W., Moukamnerd, C., & Tipbunjong, C. (2024). Proximate composition, phytochemical analysis and toxicity assessment of extracts of *Caulerpa lentillifera* using autoclave-and microwave-assisted extractions. *Sains Malaysiana*, 53(2), 335-345.
- Phaisan, S., Yusakul, G., Sakdamas, A., Taluengjit, N., Sakamoto, S., & Putalun, W. (2020). A green and effective method using oils to remove chlorophyll from *Chromolaena odorata* (L.) rm king & h. rob. *Songklanakarin Journal of Science Technology*, 42(5), 1084-1090.
- Polat, D., Durmaz, Y., Konar, N., Toker, O. S., Palabiyik, I., & Tasan, M. (2020). Using encapsulated *Nannochloropsis oculata* in white chocolate as coloring agent. *Journal of Applied Phycology*, 32, 3077-3088.
- Purba, H. H., Maarif, M. S., Yuliasih, I., & Hermawan, A. (2018). Product development of chocolate with quality function deployment approach: a case study in smes chocolate industry in Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 209, 1-9.
- Puspita, D., Merdekawati, W., & Rahangmetan, N.S. (2017). Pemanfaatan anggur laut (*Caulerpa racemosa*) dalam pembuatan sup krim instan. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 29(1), 72-78.
- Rojas, D. H., Quintana, J. L. M., Mestanza, D. M., Silva, E. A. A., Mendoza, M. M., Colca, I. S. C., Ramirez, I. M., Alayo, E. M. C., & Zumaeta, C. R. B. (2024). Enriching white chocolates with native Amazonian blackberries improves its physicochemical properties. *Applied Food Research*, 4, 1-6.
- Samad, G. P., Sanger, G., Kaseger, B. E., Salindeho, N., Montolalu, R. I., & Makapedua, D. M. (2021). Kandungan pigmen dan aktivitas antioksidan rumput laut *Ulva* dan *Caulerpa*. *Media Teknologi Hasil Perikanan*, 9(3), 131-134.
- Sanger, G., Kaseger, B. E., Rarung, L. K., & Damongilala, L. (2018). Potensi beberapa jenis rumput laut sebagai bahan pangan fungsional, sumber pigmen dan antioksidan alami. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 21(2), 208-217.
- Sasadara, M. M. V., Nayaka, N. M. D. M. W., Yuda, P. E. S. K., Cahyaningsih, E., & Dewi, N. L. K. A. A. (2023). Effect of solvent on chlorophyll extraction of fresh and dried *Gracilaria* sp. and *C. racemosa*. seaweed. *Jurnal Ilmiah Medicamento*, 9(1), 22-28.
- Sayuti, N., Kamarudin, A., Saad, N., Ab Razak, N., & Esa, N. M. (2021). Optimized green extraction conditions of matcha green tea (*Camellia sinensis*) using central composite design for maximal polyphenol and antioxidant contents. *BioResources*, 16(2), 3255-3271.
- Septiyaningrum, I., Utami, M. A. F., & Johan, Y. (2020). Identification of (*C. racemosa*.) Sepang Bay at Bengkulu City. *Jurnal Perikanan*, 10(2), 195-204.
- Sholicha, F., Dewi, E. N., & Purnamayati, L. (2021). application of *Caulerpa racemosa* extract as a natural colourant in raw noodles. *Food Research*, 5(3), 62-69.
- Toker, O. S., Palabiyik, I., Pirouzian, H. R., Aktar, T., & Konar, N. (2020). Chocolate aroma: Factors, importance and analysis. *Trends in Food Science & Technology*, 99, 580-592.
- Vilar, E. G., O'Sullivan, M. G., Kerry, J. P., & Kilcawley, K. N. (2020). Volatile compounds of six species of edible seaweed: A review. *Algal Research*, 45, 1-11.