

Perbandingan Komposisi Nutrien, Pigmen dan Aktivitas Antioksidan *Spirulina* dan *Chlorella*

Andini Putri Novianti¹, Toto Subroto², Safri Ishmayana³

^{1,2,3}Kimia, Universitas Padjadjaran, Indonesia

andini24005@mail.unpad.ac.id

Info Artikel

Sejarah artikel :

Diterima Mei 2026

Direvisi Juli 2026

Disetujui Juli 2026

Diterbitkan Juli 2026

ABSTRACT

Microalgae are promising functional food sources due to their high nutritional value and bioactive compounds. This study aimed to compare the nutritional composition, pigment content, and antioxidant activity of *Spirulina* and *Chlorella*. Proximate analysis was conducted to determine protein, lipid, carbohydrate, moisture, and ash content, while pigment analysis (phycocyanin, chlorophyll, and carotenoids) was performed using UV-Vis spectrophotometry. Antioxidant activity was evaluated using the DPPH method. The results showed that *Spirulina* had higher protein (67.35%) and ash content, whereas *Chlorella* exhibited higher lipid content (10.01%). Pigment analysis revealed that *Spirulina* contained higher phycocyanin and carotenoid levels, while *Chlorella* was dominated by chlorophyll. In addition, *Spirulina* demonstrated stronger antioxidant activity, as indicated by a lower IC₅₀ value (128.74 ppm), compared to *Chlorella* (341.24 ppm). These findings indicate a strong relationship between bioactive pigment composition and antioxidant activity, where phycocyanin and carotenoids play a key role in enhancing radical scavenging capacity. Overall, *Spirulina* shows greater potential as a source of protein and natural antioxidants, while *Chlorella* is more suitable as a source of lipids and chlorophyll.

Keywords: Antioxidant Activity; *Chlorella*; Nutrients Composition; Pigments; *Spirulina*.

ABSTRAK

Mikroalga merupakan sumber pangan fungsional yang menjanjikan karena kandungan nutrien dan senyawa bioaktif yang tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan komposisi nutrien, kadar pigmen, dan aktivitas antioksidan dari *Spirulina* dan *Chlorella*. Analisis proksimat dilakukan untuk menentukan kadar protein, lemak, karbohidrat, air, dan abu, sedangkan analisis pigmen (fikosianin, klorofil, dan karotenoid) dilakukan menggunakan spektrofotometri UV-Vis. Aktivitas antioksidan diukur menggunakan metode DPPH. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *Spirulina* memiliki kandungan protein (67,35%) dan abu yang lebih tinggi, sedangkan *Chlorella* memiliki kandungan lemak yang lebih tinggi (10,01%). Analisis pigmen menunjukkan bahwa *Spirulina* memiliki kandungan fikosianin dan karotenoid yang lebih tinggi, sementara *Chlorella* didominasi oleh klorofil. Selain itu, *Spirulina* menunjukkan aktivitas antioksidan yang lebih kuat dengan nilai IC₅₀ sebesar 128,74 ppm dibandingkan *Chlorella* sebesar 341,24 ppm. Hasil penelitian menunjukkan adanya hubungan antara komposisi pigmen bioaktif dan aktivitas antioksidan, di mana fikosianin dan karotenoid berperan penting dalam meningkatkan kemampuan penangkapan radikal bebas. Secara keseluruhan, *Spirulina* lebih berpotensi sebagai sumber protein dan antioksidan alami, sedangkan *Chlorella* lebih berpotensi sebagai sumber lipid dan klorofil.

Kata Kunci: Aktivitas Antioksidan; *Chlorella*; Komposisi Nutrien; Pigmen; *Spirulina*.

PENDAHULUAN

Mikroalga merupakan organisme mikroskopis yang mampu melakukan fotosintesis dan memiliki potensi besar sebagai sumber pangan berkelanjutan karena kandungan nutrisi dan senyawa bioaktif yang tinggi. Dalam beberapa tahun terakhir, mikroalga semakin banyak diteliti sebagai bahan pangan fungsional dan nutrasetikal karena kemampuannya menghasilkan protein, lipid, karbohidrat, vitamin, mineral, serta pigmen bioaktif yang berfungsi sebagai antioksidan alami [1, 2]. Peningkatan minat terhadap mikroalga juga didorong oleh tren global menuju pangan yang lebih sehat, berkelanjutan, dan berbasis nabati (*plant-based foods*). Biomassa mikroalga telah banyak dimanfaatkan sebagai bahan fortifikasi maupun bahan baku dalam berbagai produk pangan, seperti roti, biskuit, pasta, mi, minuman, yoghurt, dan suplemen makanan, karena mampu meningkatkan nilai gizi serta menyediakan senyawa bioaktif yang bermanfaat bagi kesehatan. Diantara berbagai jenis mikroalga, *Spirulina* dan *Chlorella* merupakan spesies yang paling luas dimanfaatkan dalam industri pangan dan suplemen kesehatan karena kandungan protein, pigmen, dan senyawa bioaktifnya yang tinggi [3]. Selain itu, mikroalga memiliki keunggulan dibandingkan sumber pangan konvensional karena pertumbuhannya yang efisien dan kebutuhan lahan yang relatif rendah, sehingga berpotensi mendukung ketahanan pangan global [4].

Berbagai jenis mikroalga, *Spirulina* (*Arthrospira platensis*) dan *Chlorella* (*Chlorella vulgaris*) merupakan dua spesies yang paling banyak dimanfaatkan secara komersial. Kedua mikroalga dipilih dalam penelitian ini karena merupakan jenis yang paling luas diproduksi, dipasarkan, dan dikonsumsi sebagai pangan fungsional maupun suplemen kesehatan, serta memiliki karakteristik biologis yang berbeda sehingga menarik untuk dibandingkan. *Spirulina*, yang termasuk kelompok sianobakteri, dikenal memiliki kandungan protein yang dapat melebihi 60% dari berat kering serta mengandung fikosianin sebagai pigmen utama dengan aktivitas antioksidan yang kuat [5, 6]. Selain itu, *Spirulina* juga mengandung berbagai senyawa bioaktif lain, seperti karotenoid dan senyawa fenolik, yang turut mendukung aktivitas biologisnya [2]. Sebaliknya, *Chlorella* merupakan mikroalga hijau yang kaya akan klorofil, karotenoid, serta lipid, khususnya asam lemak tak jenuh yang bermanfaat bagi kesehatan [7, 8]. Perbedaan karakteristik tersebut menjadikan kedua mikroalga sebagai objek yang relevan untuk dibandingkan dalam mengevaluasi hubungan antara komposisi nutrisi, kandungan pigmen, dan aktivitas antioksidan pada produk mikroalga komersial.

Perbedaan karakteristik tersebut berkaitan erat dengan struktur sel dan jalur metabolisme masing-masing mikroalga, yang pada akhirnya memengaruhi komposisi nutrisi dan pigmen yang dihasilkan. *Spirulina* memiliki dinding sel yang relatif sederhana sehingga lebih mudah dicerna dan umumnya memiliki kandungan protein yang lebih tinggi. Sebaliknya, *Chlorella* memiliki dinding sel yang lebih kompleks, yang berkontribusi terhadap kemampuannya dalam mengakumulasi lipid dan pigmen klorofil dalam jumlah lebih tinggi [9]. Pigmen seperti klorofil, karotenoid, dan fikobiliprotein tidak hanya berperan dalam proses fotosintesis, tetapi juga berfungsi sebagai senyawa antioksidan yang mampu menetralkan radikal bebas melalui mekanisme donasi elektron [1, 5].

Meskipun berbagai penelitian telah melaporkan komposisi nutrisi, kandungan pigmen, maupun aktivitas antioksidan pada mikroalga, sebagian besar studi berfokus pada salah satu atau beberapa karakteristik tertentu. Beberapa penelitian terbaru telah mulai mengintegrasikan aspek komposisi nutrisi, senyawa bioaktif, dan aktivitas antioksidan dalam perbandingan *Spirulina* dan *Chlorella* [2]. Namun, jumlah penelitian dengan pendekatan komprehensif tersebut masih relatif terbatas, khususnya yang menggunakan produk mikroalga komersial sebagai objek penelitian dan mengkaji keterkaitan antara komposisi nutrisi, kandungan pigmen, serta aktivitas antioksidan dalam satu kajian.

Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini bertujuan untuk membandingkan secara komprehensif komposisi nutrisi, kandungan pigmen, dan aktivitas antioksidan antara *Spirulina* dan *Chlorella*, serta mengkaji keterkaitan antara kandungan pigmen bioaktif dan aktivitas antioksidan yang dihasilkan. Berbeda dengan sebagian besar penelitian komparatif sebelumnya yang umumnya hanya mengevaluasi salah satu aspek, seperti komposisi nutrisi, kandungan pigmen, atau aktivitas antioksidan secara terpisah, penelitian ini mengintegrasikan ketiga parameter tersebut dalam satu kajian menggunakan produk mikroalga komersial yang tersedia di pasaran. Pendekatan ini diharapkan dapat memberikan informasi yang lebih komprehensif mengenai karakteristik kedua mikroalga sekaligus menyediakan dasar ilmiah yang lebih aplikatif dalam pemilihan bahan baku untuk pengembangan pangan fungsional dan produk nutrasetikal.

METODE

Bahan dan Desain Penelitian

Sampel mikroalga yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Spirulina* dan *Chlorella* dalam bentuk serbuk kering *food-grade* yang diperoleh melalui *marketplace* daring (Tokopedia). Penelitian ini bertujuan mengevaluasi karakteristik produk mikroalga komersial yang tersedia di pasaran. Informasi mengenai strain, kondisi kultivasi, media pertumbuhan, waktu panen, proses pengeringan, maupun penyimpanan tidak tersedia dari produsen sehingga faktor-faktor tersebut tidak dapat dikendalikan dalam penelitian ini. Produk *Chlorella* dibeli dari toko “Eat to Live” (Jakarta), sedangkan *Spirulina* diperoleh dari toko “Nilaya.co” (Jakarta). Berdasarkan informasi dari penjual, kedua produk merupakan serbuk mikroalga kering yang siap konsumsi. Seluruh analisis dilakukan dengan dua kali pengukuran independen ($n = 2$), dan hasil disajikan sebagai rata-rata $\pm$ standar deviasi. Penelitian ini bersifat komparatif deskriptif sehingga tidak dilakukan pengujian statistik inferensial untuk membandingkan kedua sampel.

Kadar Protein dan Air

Analisis proksimat dilakukan terhadap mikroalga *Spirulina* dan *Chlorella*, meliputi kadar protein, abu, air, lemak dan karbohidrat. Analisis dilakukan sesuai metode standar sebagaimana dilaporkan pada penelitian sebelumnya [10]. Analisis kadar protein dilakukan menggunakan metode Kjeldahl [10]. Sampel yang telah dihaluskan ditimbang sebanyak 500 mg, kemudian dimasukkan ke dalam labu Kjeldahl. Selanjutnya ditambahkan 10 mL H_2SO_4 pekat dan campuran katalis $CuSO_4 \cdot K_2SO_4$ (1:8) sebanyak 5 g, kemudian dilakukan destruksi dengan pemanasan

menggunakan pembakar Bunsen hingga larutan berwarna jernih kehijauan. Larutan hasil destruksi diencerkan dengan akuades hingga volume 100 mL. Sebanyak 10 mL larutan dipipet ke dalam alat distilasi Kjeldahl dan ditambahkan 10 mL NaOH 30%, kemudian didistilasi selama ± 20 menit. Distilat ditampung dalam Erlenmeyer yang berisi 25 mL HCl 0,1 M dan indikator Tashiro (0,1 g metil merah dan 0,1 g metil biru dalam 100 mL etanol 95%). Selanjutnya dilakukan titrasi menggunakan NaOH 0,1 N. Kadar protein dihitung dengan Persamaan berikut :

$$\text{Kadar protein (\%)} = \left(\frac{(Va.Na - Vb.Nb) \times \frac{100}{10} \times 14}{m_{\text{sampel}}} \times 100\% \right) \times 6,25 \quad (1)$$

Dengan:

$Va.Na$ = mgrek asam

$Vb.Nb$ = mgrek basa

m_{sampel} = massa sampel (mg)

$\frac{100}{10}$ = faktor pengenceran (dari 100 mL hasil destruksi, diambil 10 mL yang dimasukkan ke dalam alat distilasi)

14 = Mr Nitrogen (mg/mmol)

6,25 = faktor konversi kadar nitrogen total menjadi kadar protein

Analisis kadar air dilakukan menggunakan metode gravimetri. Cawan kosong beserta tutupnya dikeringkan pada suhu 100–105°C selama 30 menit, kemudian didinginkan dalam desikator dan ditimbang (W_0). Sebanyak 5 g sampel dimasukkan ke dalam cawan (W_1), kemudian dioven pada suhu 100–105°C selama 6 jam. Sampel didinginkan dalam desikator selama 30 menit dan ditimbang (W_2). Penimbangan diulangi hingga diperoleh berat konstan. Kadar air dihitung dengan persamaan berikut :

$$\text{Kadar air (\%)} = \frac{W_1 - W_2}{W_1 - W_0} \times 100\% \quad (2)$$

Dengan:

W_0 = berat cawan kosong (g)

W_1 = berat cawan + sampel sebelum pengeringan (g)

W_2 = berat cawan + sampel setelah pengeringan (g)

Kadar Abu, Lemak dan Karbohidrat

Cawan pengabuan dipanaskan dalam tanur, kemudian didinginkan dalam desikator dan ditimbang (W_1). Sampel sebanyak 5 g dimasukkan ke dalam cawan dan ditimbang (W), kemudian dilakukan pengarangan menggunakan pemanasan api reduksi dan diikuti pengabuan dalam tanur pada suhu 550°C selama 3 jam hingga diperoleh abu. Cawan didinginkan dalam desikator dan ditimbang (W_2) [10]. Kadar abu dihitung dengan persamaan berikut :

$$\text{Kadar abu (\%)} = \frac{W_2 - W_1}{W - W_1} \times 100\% \quad (3)$$

Keterangan:

W = berat cawan dan sampel (g)

W_1 = berat cawan kosong (g)

W_2 = berat cawan kosong + abu (g)

Analisis kadar lemak dilakukan menggunakan metode ekstraksi Soxhlet [10]. Sebanyak 3 g sampel yang telah dihaluskan ditimbang (W) dan dimasukkan ke dalam selongsong ekstraksi (*extraction thimble*) yang telah dilapisi kapas bebas lemak. Labu alas bulat dikeringkan dalam oven pada suhu 100–105°C selama ± 20 menit, kemudian didinginkan dalam desikator dan ditimbang sebagai berat awal (W_0). Sampel kemudian diekstraksi menggunakan pelarut *n*-heksana selama ± 4 jam. Setelah proses ekstraksi selesai, pelarut diuapkan, dan labu alas bulat yang berisi ekstrak lemak dikeringkan kembali dalam oven pada suhu 100–105°C selama 1–2 jam. Labu kemudian didinginkan dalam desikator dan ditimbang sebagai berat akhir (W_1). Kadar lemak ditentukan dengan persamaan berikut :

$$\text{Kadar lemak (\%)} = \frac{W_1 - W_0}{W} \times 100\% \quad (4)$$

Dengan:

W = berat sampel (g)

W_0 = berat labu kosong (g)

W_1 = berat labu + lemak (g)

Kadar karbohidrat ditentukan dengan metode *by difference*, dihitung dengan persamaan berikut :

$$\text{Kadar karbohidrat (\%)} = 100\% - [\text{Kadar protein (\%)} + \text{Kadar Lemak (\%)} + \text{Kadar abu (\%)} + \text{Kadar air (\%)}] \quad (5)$$

Kadar Fikosianin, Klorofil dan Karotenoid

Analisis kadar pigmen dilakukan menggunakan metode spektrofotometri UV-Vis. Analisis ini menggunakan prosedur yang disarankan oleh [11] dan [12]. Seluruh hasil analisis dinyatakan berdasarkan berat kering (*dry weight*, dw). Sampel sebanyak 7–10 g dilarutkan dalam 200 mL buffer fosfat 0,1 M (pH 7) dan dihomogenkan. Larutan kemudian disentrifugasi pada 4000 rpm selama 1 jam. Supernatan diambil dan diukur absorbansinya pada panjang gelombang 615 nm. Kadar fikosianin dihitung dengan persamaan berikut :

$$\text{Kadar fikosianin} = \frac{A_{615} \times \text{faktor pengenceran} \times 100}{3,36 \times \text{massa sampel (mg)} \times \text{berat kering sampel (\%)}} \quad (6)$$

Sampel diekstraksi menggunakan metanol 96% (50 mL), kemudian dihomogenkan dan disentrifugasi. Supernatan digunakan sebagai ekstrak pigmen dan dianalisis menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 400–700 nm. Kadar klorofil dan karotenoid dapat ditentukan dengan persamaan berikut :

$$Ca = 15,6 \times A_{666} - 7,340 \times A_{653} \quad (7)$$

$$Cb = 27,05 \times A_{653} - 11,21 \times A_{666} \quad (8)$$

$$C_{x+c} = 1000 \times A_{470} - 2,860 \times Ca - 129,2 \times Cb / 245 \quad (9)$$

Dengan:

$$\begin{aligned} Ca &= \text{Klorofil a} \\ Cb &= \text{Klorofil b} \\ C_{x+c} &= \text{Karotenoid total} \end{aligned}$$

Uji Aktivitas Antioksidan

Uji aktivitas antioksidan dilakukan menggunakan metode DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) [13]. Sampel dibuat dalam larutan stok 1000 ppm dengan melarutkan 10 mg sampel dalam etanol p.a hingga volume 10 mL. Larutan kemudian diencerkan menjadi beberapa konsentrasi (25, 50, 100, dan 200 ppm). Sebanyak 4 mL larutan sampel dicampurkan dengan 1 mL larutan DPPH 0,2 mM, kemudian divorteks dan diinkubasi selama 30 menit pada suhu ruang dalam kondisi gelap. Absorbansi diukur pada panjang gelombang 517 nm menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Kontrol dibuat dari campuran 4 mL etanol dan 1 mL larutan DPPH 0,2 mM. Persentase inhibisi dihitung dengan persamaan (10)

$$\text{Inhibisi (\%)} = \frac{A_{\text{kontrol}} - A_{\text{sampel}}}{A_{\text{kontrol}}} \times 100\% \quad \dots \text{ (Persamaan 10)}$$

Dengan:

$$\begin{aligned} A_{\text{kontrol}} &= \text{Serapan kontrol} \\ A_{\text{sampel}} &= \text{Serapan sampel} \end{aligned}$$

Nilai IC₅₀ ditentukan dari persamaan regresi linear ($y = ax + b$) antara konsentrasi (x) dan persen inhibisi (y), dengan $y = 50$.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perbandingan Komposisi Proksimat *Spirulina* dan *Chlorella*

Analisis proksimat dilakukan untuk mengetahui kandungan nutrisi pada mikroalga *Spirulina* dan *Chlorella*, meliputi kadar protein, lemak, karbohidrat, air, dan abu. Hasil analisis proksimat kedua mikroalga disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi proksimat *Spirulina* dan *Chlorella*

Kandungan	<i>Spirulina</i>	<i>Chlorella</i>
Protein (%)	67,35 ± 1,23	65,26 ± 1,72
Lemak (%)	2,31 ± 0,07	10,01 ± 0,16
Karbohidrat (%)	15,85 ± 0,75	12,55 ± 2,01
Air (%)	6,24 ± 2,00	5,83 ± 0,08
Abu (%)	8,26 ± 1,45	6,37 ± 0,21

Hasil menunjukkan bahwa *Spirulina* memiliki kandungan protein yang lebih tinggi (67,35%) dibandingkan *Chlorella* (65,26%). Nilai ini masih berada dalam rentang yang dilaporkan dalam literatur, yaitu sekitar 57-78% untuk *Spirulina* [14]. Kandungan protein *Chlorella* pada penelitian ini sedikit lebih tinggi dibandingkan laporan sebelumnya (51-58%) [15]. Kandungan protein yang tinggi pada *Spirulina* berkaitan dengan karakteristik fisiologinya sebagai sianobakteri serta struktur selnya yang lebih sederhana, sehingga mendukung sintesis protein dalam jumlah besar. Sianobakteri yang mengalokasikan sebagian besar nitrogen untuk sintesis

protein fotosintetik, termasuk fikobiliprotein. Sebaliknya, *Chlorella* memiliki distribusi metabolisme karbon dan nitrogen yang lebih seimbang sehingga proporsi protein relatif lebih rendah. Selain itu, protein mikroalga diketahui memiliki nilai biologis tinggi dan mengandung asam amino esensial yang lengkap [4].

Sebaliknya, *Chlorella* menunjukkan kandungan lemak yang jauh lebih tinggi (10,01%) dibandingkan *Spirulina* (2,31%). Nilai ini masih lebih rendah dibandingkan laporan literatur, yaitu 14–22% untuk *Chlorella* dan 4–9% untuk *Spirulina*, namun tetap menunjukkan kecenderungan bahwa *Chlorella* lebih efisien dalam mengakumulasi lipid [15]. Perbedaan ini mencerminkan variasi strategi metabolisme antara kedua mikroalga. *Chlorella* memiliki kecenderungan mengalokasikan karbon hasil fotosintesis ke dalam bentuk triasilgliserol (TAG) sebagai cadangan energi, sehingga kandungan lipidnya relatif lebih tinggi dibandingkan *Spirulina*. Karakteristik ini menyebabkan *Chlorella* banyak dikembangkan sebagai sumber lipid fungsional maupun bahan baku biodiesel [3, 15].

Kadar karbohidrat pada *Spirulina* (15,85%) sedikit lebih tinggi dibandingkan *Chlorella* (12,55%), namun perbedaannya relatif kecil. Nilai ini mendekati kisaran literatur untuk kedua mikroalga [4]. Karbohidrat pada mikroalga umumnya berfungsi sebagai cadangan energi dalam bentuk polisakarida. Berdasarkan berbagai penelitian, kandungan karbohidrat dapat dipengaruhi oleh faktor seperti intensitas cahaya, ketersediaan nutrisi, dan fase pertumbuhan. Namun, pengaruh faktor-faktor tersebut tidak dapat dievaluasi dalam penelitian ini karena sampel yang digunakan berupa produk komersial.

Kadar air pada kedua mikroalga tergolong rendah, yaitu 6,24% pada *Spirulina* dan 5,83% pada *Chlorella*, yang sejalan dengan data literatur [16]. Rendahnya kadar air (<10%) menunjukkan bahwa kedua sampel memiliki stabilitas penyimpanan yang baik karena dapat menghambat pertumbuhan mikroorganisme dan memperpanjang masa simpan [16]. Kadar abu *Spirulina* (8,26%) lebih tinggi dibandingkan *Chlorella* (6,37%), yang menunjukkan kandungan mineral yang lebih besar pada *Spirulina*. Nilai ini sedikit berbeda dengan laporan literatur, namun masih berada dalam kisaran yang sama [7, 17]. Kandungan mineral seperti Fe, Mg, dan Ca berperan sebagai kofaktor enzim dan penting dalam berbagai proses metabolisme [8].

Secara keseluruhan, hasil analisis proksimat menunjukkan bahwa *Spirulina* lebih berpotensi sebagai sumber protein dan mineral, sedangkan *Chlorella* lebih unggul sebagai sumber lipid. Perbedaan ini mengindikasikan adanya variasi strategi metabolik antara kedua mikroalga, yang selanjutnya dapat mempengaruhi kandungan senyawa bioaktif dan aktivitas antioksidan.

Perbandingan Kadar Pigmen *Spirulina* dan *Chlorella*

Pigmen merupakan senyawa bioaktif penting pada mikroalga yang berperan tidak hanya dalam proses fotosintesis, tetapi juga sebagai antioksidan. Pada penelitian ini dilakukan analisis kadar pigmen meliputi fikosianin, klorofil, dan karotenoid pada *Spirulina* dan *Chlorella*. Hasil analisis kadar pigmen disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Kadar Pigmen *Spirulina* dan *Chlorella*

Pigmen	<i>Spirulina</i>	<i>Chlorella</i>
Fikosianin (%)	0,3859 ± 0,0603	TD*
Klorofil a (µg/g dw)	186,68 ± 5,13	298,3 ± 0,14
Klorofil b (µg/g dw)	26,45 ± 5,52	7,2 ± 0,01
Karotenoid (µg/g dw)	19,79 ± 0,21	5,27 ± 3,32

Keterangan: *TD = tidak terdeteksi

Hasil menunjukkan bahwa *Spirulina* memiliki kandungan fikosianin yang terdeteksi sebesar 0,3859%, sedangkan pada *Chlorella* tidak terdeteksi (TD). Nilai fikosianin pada *Spirulina* masih lebih rendah dibandingkan laporan literatur ($\pm 1,77\%$) [18]. Perbedaan tersebut dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti variasi strain, proses ekstraksi, stabilitas pigmen selama pengolahan dan penyimpanan, maupun karakteristik produk komersial yang digunakan. Namun, informasi mengenai kondisi kultivasi dan proses produksi tidak tersedia sehingga penyebab pasti perbedaan tersebut tidak dapat dipastikan. Tidak terdeteksinya fikosianin pada *Chlorella* sesuai dengan karakteristik biologisnya sebagai mikroalga hijau (Chlorophyta) yang tidak memiliki sistem phycobiliprotein, berbeda dengan *Spirulina* yang merupakan cyanobacteria. Fikosianin diketahui memiliki aktivitas antioksidan yang tinggi melalui kemampuannya dalam menangkap radikal bebas [5], sehingga keberadaan fikosianin pada *Spirulina* berkontribusi terhadap potensi bioaktivitasnya. Fikosianin merupakan komponen utama kompleks phycobilisome yang berfungsi sebagai antena penangkap cahaya pada sianobakteri. Oleh karena itu, pigmen ini secara alami ditemukan pada *Spirulina*, tetapi tidak dijumpai pada *Chlorella* yang termasuk kelompok Chlorophyta.

Sebaliknya, *Chlorella* menunjukkan kandungan klorofil a yang lebih tinggi (298,3 µg/g dw) dibandingkan *Spirulina* (186,68 µg/g dw). Hal ini sejalan dengan literatur yang menyatakan bahwa mikroalga hijau memiliki sistem fotosintesis yang lebih lengkap dengan dominasi klorofil [2]. Namun demikian, nilai klorofil yang diperoleh pada penelitian ini lebih rendah dibandingkan kisaran literatur. Perbedaan tersebut dapat dipengaruhi oleh variasi strain, kondisi kultivasi, tahap panen, metode pengeringan, maupun penyimpanan produk. Namun, karena penelitian ini menggunakan produk komersial, informasi mengenai faktor-faktor tersebut tidak tersedia sehingga penyebab pasti perbedaan tersebut tidak dapat dipastikan. Klorofil berperan dalam proses fotosintesis serta memiliki aktivitas antioksidan melalui kemampuannya dalam meredam spesies oksigen reaktif [1, 11]. Dominasi klorofil pada *Chlorella* mencerminkan sistem fotosintesis khas mikroalga hijau yang menggunakan klorofil a dan b sebagai pigmen utama untuk menangkap energi cahaya. Sebaliknya, pada *Spirulina*, sebagian fungsi penangkapan cahaya digantikan oleh fikobiliprotein sehingga kandungan klorofil relatif lebih rendah.

Kadar karotenoid *Spirulina* (19,79 µg/g dw) lebih tinggi dibandingkan *Chlorella* (5,27 µg/g dw), meskipun kedua nilai tersebut lebih rendah dibandingkan laporan literatur [19]. Karotenoid seperti β -karoten dan lutein berfungsi sebagai antioksidan dan pelindung terhadap stres oksidatif. Rendahnya kadar karotenoid pada penelitian ini dibandingkan laporan sebelumnya dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor, termasuk variasi strain, kondisi kultivasi, proses pengeringan,

maupun penyimpanan produk. Namun, faktor-faktor tersebut tidak dapat diverifikasi dalam penelitian ini karena sampel yang digunakan merupakan produk komersial. Selain berfungsi sebagai pigmen aksesori dalam fotosintesis, karotenoid berperan melindungi sel terhadap kerusakan oksidatif melalui mekanisme pemadaman oksigen singlet dan penangkapan radikal bebas. Oleh karena itu, kandungan karotenoid yang lebih tinggi pada *Spirulina* turut mendukung kapasitas antioksidannya.

Secara keseluruhan, hasil analisis menunjukkan bahwa *Spirulina* lebih kaya akan pigmen fikobiliprotein dan karotenoid, sedangkan *Chlorella* lebih dominan dalam kandungan klorofil. Perbedaan ini mencerminkan variasi sistem fotosintesis dan karakter fisiologis antara kedua mikroalga. Selain itu, dominasi fikosianin dan karotenoid pada *Spirulina* menunjukkan potensi yang lebih besar sebagai sumber antioksidan, sedangkan *Chlorella* berpotensi sebagai sumber klorofil alami. Perbedaan komposisi pigmen ini selanjutnya diperkirakan berkontribusi terhadap variasi aktivitas antioksidan yang diamati pada kedua mikroalga.

Aktivitas Antioksidan *Spirulina* dan *Chlorella*

Aktivitas antioksidan merupakan salah satu parameter penting dalam menentukan potensi mikroalga sebagai bahan pangan fungsional. Pada penelitian ini, aktivitas antioksidan diukur menggunakan metode DPPH dan dinyatakan sebagai nilai IC_{50} , yaitu konsentrasi sampel yang dibutuhkan untuk menghambat 50% radikal bebas. Hasil pengukuran aktivitas antioksidan disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Aktivitas antioksidan *Spirulina* dan *Chlorella*

Sampel	IC_{50} (ppm)	Kategori kekuatan antioksidan
<i>Spirulina</i>	128,74 ± 4,56	Sedang
<i>Chlorella</i>	341,24 ± 44,53	Sangat lemah

Hasil menunjukkan bahwa *Spirulina* memiliki aktivitas antioksidan yang lebih kuat dibandingkan *Chlorella*, yang ditunjukkan oleh nilai IC_{50} yang lebih rendah. Nilai IC_{50} *Spirulina* pada penelitian ini (128,74 ppm) sedikit lebih tinggi dibandingkan laporan literatur (sekitar 100 ppm) [20]. Sebaliknya, *Chlorella* menunjukkan nilai IC_{50} yang lebih tinggi (341,24 ppm) dibandingkan nilai yang dilaporkan dalam literatur (127 ppm) [21]. Perbedaan antara hasil penelitian ini dan laporan sebelumnya dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti variasi strain, metode ekstraksi, komposisi senyawa bioaktif, proses pengolahan, maupun karakteristik produk komersial yang digunakan. Namun, karena penelitian ini menggunakan produk komersial dan informasi mengenai proses produksi maupun karakteristik bahan baku tidak tersedia, penyebab pasti perbedaan tersebut tidak dapat dipastikan.

Berdasarkan klasifikasi kekuatan aktivitas antioksidan berdasarkan nilai IC_{50} yang banyak digunakan dalam penelitian DPPH, senyawa dengan nilai IC_{50} kurang dari 50 ppm dikategorikan memiliki aktivitas antioksidan sangat kuat, 50-100 ppm kuat, 100-150 ppm sedang, 150-200 ppm lemah, sedangkan lebih dari 200 ppm termasuk sangat lemah [22]. Berdasarkan klasifikasi tersebut, *Spirulina* pada

penelitian ini termasuk dalam kategori aktivitas antioksidan sedang ($IC_{50} = 128,74$ ppm), sedangkan *Chlorella* termasuk dalam kategori sangat lemah ($IC_{50} = 341,24$ ppm).

Perbedaan aktivitas antioksidan antara kedua mikroalga berkaitan erat dengan komposisi pigmen bioaktif yang telah dianalisis sebelumnya. *Spirulina* memiliki kandungan fikosianin dan karotenoid yang lebih tinggi, sedangkan *Chlorella* didominasi oleh klorofil. Fikosianin dan karotenoid diketahui memiliki aktivitas antioksidan yang kuat melalui mekanisme donasi elektron dan penangkapan radikal bebas [20]. Sebaliknya, meskipun klorofil juga memiliki aktivitas antioksidan, efektivitasnya dalam sistem DPPH umumnya lebih rendah dibandingkan fikosianin dan karotenoid. Selain itu, rendahnya kandungan karotenoid pada *Chlorella* dalam penelitian ini turut berkontribusi terhadap rendahnya aktivitas antioksidan yang dihasilkan.

Aktivitas antioksidan *Spirulina* kemungkinan tidak berasal dari satu senyawa saja, tetapi merupakan hasil sinergi antara fikosianin, karotenoid, senyawa fenolik, serta peptida bioaktif yang secara bersama-sama meningkatkan kemampuan mendonorkan elektron maupun atom hidrogen untuk menetralkan radikal DPPH. Secara keseluruhan, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa perbedaan komposisi pigmen bioaktif berkontribusi terhadap variasi aktivitas antioksidan antara *Spirulina* dan *Chlorella*, sehingga memperkuat hubungan antara kandungan pigmen dan fungsi biologis mikroalga sebagai bahan pangan fungsional.

Penelitian ini menggunakan produk *Spirulina* dan *Chlorella* komersial yang diperoleh melalui marketplace, sehingga informasi mengenai strain, kondisi kultivasi, media pertumbuhan, waktu panen, metode pengeringan, dan penyimpanan tidak tersedia dari produsen. Faktor-faktor tersebut dapat memengaruhi komposisi nutrisi, kandungan pigmen, maupun aktivitas antioksidan. Oleh karena itu, hasil penelitian ini mencerminkan karakteristik produk komersial yang tersedia di pasaran dan tidak dapat digunakan untuk mengevaluasi pengaruh spesies mikroalga secara terpisah dari faktor-faktor lain.. Penelitian selanjutnya perlu menggunakan mikroalga dengan kondisi budidaya yang terkontrol agar pengaruh spesies terhadap karakteristik yang diamati dapat dievaluasi secara lebih akurat.

Hasil penelitian ini juga memberikan implikasi praktis bagi pengembangan pangan fungsional dan produk nutrasetikal berbasis mikroalga. Kandungan protein, fikosianin, karotenoid, dan aktivitas antioksidan yang lebih tinggi pada *Spirulina* menunjukkan potensinya sebagai bahan baku untuk produk yang ditujukan meningkatkan asupan protein sekaligus menyediakan antioksidan alami, seperti minuman fungsional, suplemen, protein bar, maupun bahan fortifikasi pangan. Sebaliknya, kandungan klorofil dan lipid yang lebih tinggi pada *Chlorella* menunjukkan potensinya sebagai sumber pigmen alami, bahan pangan fungsional, maupun bahan baku produk nutrasetikal yang memanfaatkan senyawa bioaktif berbasis klorofil dan lipid. Dengan demikian, pemilihan jenis mikroalga sebaiknya disesuaikan dengan karakteristik nutrisi dan tujuan pengembangan produk.

PENUTUP

Penelitian ini menunjukkan bahwa *Spirulina* dan *Chlorella* memiliki perbedaan komposisi nutrisi, pigmen, dan aktivitas antioksidan. *Spirulina* memiliki kandungan protein, mineral, serta pigmen fikosianin dan karotenoid yang lebih tinggi, yang berkaitan dengan aktivitas antioksidan yang lebih kuat. Sebaliknya, *Chlorella* memiliki kandungan lemak dan klorofil yang lebih tinggi, namun menunjukkan aktivitas antioksidan yang lebih rendah. Perbedaan tersebut mencerminkan karakteristik fisiologi dan metabolisme yang berbeda antara kedua mikroalga, sehingga masing-masing memiliki potensi aplikasi yang berbeda dalam pengembangan pangan fungsional.

Hasil penelitian ini menunjukkan adanya keterkaitan antara komposisi pigmen bioaktif dan aktivitas antioksidan pada produk mikroalga komersial yang dianalisis. Berdasarkan karakteristik tersebut, *Spirulina* berpotensi sebagai sumber protein dan antioksidan alami, sedangkan *Chlorella* berpotensi sebagai sumber lipid dan klorofil. Penelitian selanjutnya perlu menggunakan mikroalga dengan kondisi budidaya yang terkontrol untuk mengevaluasi pengaruh spesies secara lebih akurat, serta mengkaji bioavailabilitas dan pengembangan produk berbasis mikroalga.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] I. Barkia, N. Saari & S. R. Manning. "Microalgae for high-value products towards human health and nutrition". *Mar. Drugs*, vol. 17 no. 5, p. 17050304. 2019. doi: <https://doi.org/10.3390/md17050304>.
- [2] Y. Ladjal-Ettoumi, M. Hamadi, L. H. Douik, Z. Cherifi & A. Nazir. "Physicochemical, functional, and nutraceutical properties of *Spirulina* and *Chlorella* biomass: A comparative study". *Algal Res.*, vol. 81 no., p. 103561. 2024. doi: <https://doi.org/10.1016/j.algal.2024.103561>.
- [3] A. Çelekli, B. Özbal & H. Bozkurt. "Challenges in functional food products with the incorporation of some microalgae". *Foods*, vol. 13 no., p. 725. 2024. doi: <https://doi.org/10.3390/foods13050725>.
- [4] T. Chacón-Lee & G. González-Mariño. "Microalgae for "healthy" foods- Possibilities and challenges". *Compr. Rev. Food Science Food Saf.*, vol. 9 no. 6, pp. 655–675. 2010. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2010.00132.x>.
- [5] P. Chhiranga, V. K. Gahlawata & B. P. Singh. "Phycocyanin: A potential bioresource for functional food product development". *South African J. Bot.*, vol. 174 no. 49–65, p. 49. 2024. doi: <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2024.08.047>.
- [6] S. Wlaźlak & J. Biesek. "*Spirulina platensis* and *Chlorella vulgaris* in poultry nutrition - a review of current research and potential opportunities". *Poult. Sci.*, vol. 104 no., p. 105456. 2025. doi: <https://doi.org/10.1016/j.psj.2025.105456>.
- [7] T. J. Jui, A. Tasnim, S. M. R. Islam, O. H. B. Manjur, M. S. Hossain, N. Tasnim, *et al.* "Optimal growth conditions to enhance *Chlorella vulgaris* biomass production in indoor phyto tank and quality assessment of feed and culture stock". *Heliyon*, vol. 10 no. 11, p. e31900. 2024. doi: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e31900>.
- [8] C. Safi, B. Zebib, O. Merah, P.-Y. Pontalier & C. Vaca-Garcia. "Morphology, composition, production, processing and applications of *Chlorella vulgaris*: A

- review". *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 35 no., pp. 265–278. 2014. doi: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.04.007>.
- [9] L. Senila, E. Kovacs & C. Roman. "Chemical characterization, lipid profile, and volatile compounds in *Chlorella sp.* and *Spirulina platensis*: A promising feedstock for various applications". *Molecules*, vol. 30 no., p. 1499. 2025. doi: <https://doi.org/10.3390/molecules30071499>.
- [10] Rima, S. Ishmayana, D. M. Malini & U. M. S. Soedjanaatmadja. "Nutritional content and the activities of L-Dopa (L-3,4-dihydroxyphenylalanine) from *Mucuna pruriens* L. DC seeds of Central Java accession". *Arab. J. Chem.*, vol. 16 no., p. 104390. 2023. doi: <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2022.104390>.
- [11] E. Nouri, H. Abbasi & E. Rahimi. "Effects of processing on stability of water- and fat-soluble vitamins, pigments (C-phycocyanin, carotenoids, chlorophylls) and colour characteristics of *Spirulina*". *Qual. Assur. Saf. Crop. Foods*, vol. 10 no. 4, pp. 335–349. 2018. doi: <https://doi.org/10.3920/QAS2018.1304>.
- [12] Ş. Dere, T. Güneş & R. Sivaci. "Spectrophotometric determination of chlorophyll-A, B and total carotenoid contents of some algae species using different solvents". *Turk. J. Botany*, vol. 22 no. 1, pp. 13–18. 1998. <https://journals.tubitak.gov.tr/botany/vol22/iss1/3/>.
- [13] A. Safari, S. D. R. B. Ginting, M. Fadhlillah, S. D. Rachman, N. I. Anggraeni & S. Ishmayana. "Ekstraksi dan penentuan aktivitas antioksidan ekstrak ubi jalar ungu (*Ipomoea batatas* L.)". *Al Kim. J. Ilmu Kim. Terap.*, vol. 6 no. 2, p. 46. 2020. doi: <https://doi.org/10.15575/ak.v6i2.6039>.
- [14] E. Muccio, R. F. Lanza, F. Marra, D. Albanese & F. Malvano. "Proteins extraction and characterization in *Spirulina* biomass: A comparative study of high-pressure homogenization and alkaline methods". *Foods*, vol. 14 no. 22, p. 3942. 2025. doi: <https://doi.org/10.3390/foods14223942>.
- [15] A. Demirbaş. "Production of biodiesel from algae oils". *Energy Sources, Part A Recover. Util. Environ. Eff.*, vol. 31 no. 2, pp. 163–168. 2008. doi: <https://doi.org/10.1080/15567030701521775>.
- [16] H. Mursandi, T. Y. Hendrawat & Budiyanto. "Drying of microalgae *Chlorella sorokiniana* on antioxidant activity and formulation application on peel off gel masker". *J. Appl. Sci. Adv. Technol.*, vol. 7 no. 2, pp. 43–50. 2024. doi: <https://dx.doi.org/10.24853/JASAT.7.2.43-50>.
- [17] W. Widianingsih, A. Ridho, R. Hartati & H. Harmoko. "Kandungan nutrisi *Spirulina platensis* yang dikultur pada media yang berbeda". *Ilmu Kelaut.*, vol. 13 no. 3, pp. 167–170. 2008. doi: <https://eprints.undip.ac.id/1427/>.
- [18] W. Astuti, E. Dewi & R. Kurniasih. "Pengaruh perbedaan jenis pelarut dan suhu pemanasan selama ekstraksi terhadap stabilitas mikrokapsul fikosianin dari *Spirulina platensis*". *J. Ilmu Teknol. Perikan.*, vol. 1 no. 1, pp. 7–14. 2019. <https://ejournal2.undip.ac.id/index.php/jitpi/article/view/5239/0>.
- [19] V. Hynstova, D. Sterbova, B. Klejdus, J. Hedbavny, D. Huska & V. Adam. "Separation, identification and quantification of carotenoids and chlorophylls in dietary supplements containing *Chlorella vulgaris* and *Spirulina platensis* using High Performance Thin Layer Chromatography". *J. Pharm. Biomed.*

- Anal.*, vol. 148 no., pp. 108–118. 2018. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jpba.2017.09.018>.
- [20] M. Herrero, P. J. Martín-Álvarez, F. J. Señoráns, A. Cifuentes & E. Ibáñez. "Optimization of accelerated solvent extraction of antioxidants from *Spirulina platensis* microalga". *Food Chem.*, vol. 93 no. 3, pp. 417–423. 2005. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.09.037>.
- [21] T. W. Putri, N. F. Nursida & I. Raya. "Antioxidant activity of *Chlorella vulgaris* used as an antioxidant cream". *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1899 no., p. 012030. 2021. doi: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1899/1/012030>.
- [22] P. Molyneux. "The use of the stable free radical diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity". *Songklanakarin J. Sci. Technol.*, vol. 26 no. 2, pp. 211–219. 2004. <https://sjst.psu.ac.th/article/214>.