

*Chlorella vulgaris dan Spirulina
platensis: Kandungan Nutrisi dan
Senyawa Bioaktifnya untuk
Meningkatkan Produktivitas
Unggas*

By Sugiharto Sugiharto

Submission date: 24-Aug-2022 05:40PM (UTC+0700)

Submission ID: 1886349574

File name: Publikasi_-_WARTAZOA_Vol._30_No._3_Th._2020_Hlm._123-138.pdf (452.47K)

Word count: 8088

Character count: 49037

Chlorella vulgaris dan *Spirulina platensis*: Kandungan Nutrisi dan Senyawa Bioaktifnya untuk Meningkatkan Produktivitas Unggas

(*Chlorella vulgaris* and *Spirulina platensis*: Their Nutrient Contents and Bioactive Compounds for Improving Poultry Productivity)

Sugiharto

Fakultas Peternakan dan Pertanian, Universitas Diponegoro
Kontributor utama: sgh_undip@yahoo.co.id

(Diterima 16 Juni 2020 – Direvisi 19 Agustus 2020 – Disetujui 8 September 2020)

ABSTRACT

Poultry industry are facing many challenges and obstacles especially on the supply of feed ingredients, medicines, feed supplements and additives. The high price of protein source-feed ingredients has encouraged nutritionists to explore and utilize alternative protein source-feed ingredients for poultry. This review provides an overview of their nutritional and bioactive contents and the use of microalgae, *Chlorella vulgaris* and *Spirulina platensis* in poultry feed based on recent literature studies and their potential development and utilization in Indonesia. The microalgae *Chlorella vulgaris* dan *Spirulina platensis* have very high protein content that are potential as a protein source in poultry rations. In addition, *Chlorella vulgaris* and *Spirulina platensis* also contain several bioactive compounds that can be used as alternatives to antibiotics growth promoter and synthetic antioxidants for poultry. Indonesia has a great potential for the production of *Chlorella vulgaris* and *Spirulina platensis*, however massive cultivation and economies of scale have not yet been carried out. Such conditions make *Chlorella vulgaris* and *Spirulina platensis* less profitable as protein sources, but more likely as growth-promoting additives or antioxidants for poultry in Indonesia.

Key words: *Chlorella vulgaris*, *Spirulina platensis*, alternative antibiotic, antioxidant, poultry

ABSTRAK

Industri peternakan unggas memiliki banyak tantangan dan hambatan terutama dalam hal penyediaan bahan pakan, obat, suplemen pakan dan aditif (imbuhan pakan). Selain itu, mahalnya harga pakan sumber protein telah mendorong nutrisi untuk mengeksplorasi dan memanfaatkan bahan pakan alternatif sumber protein untuk unggas. Review ini menguraikan mengenai nilai nutrisi dan kandungan senyawa bioaktif serta pemanfaatan mikroalga *Chlorella vulgaris* dan *Spirulina platensis* dalam pakan unggas berdasarkan studi literatur terbaru serta potensi pengembangan dan pemanfaatannya di Indonesia. Mikroalga *Chlorella vulgaris* dan *Spirulina platensis* memiliki kandungan protein yang sangat tinggi sehingga berpotensi sebagai sumber protein dalam ransum unggas. *Chlorella vulgaris* dan *Spirulina platensis* juga mengandung banyak senyawa bioaktif yang dapat berfungsi sebagai bahan fungsional yang dapat menggantikan peran antibiotik pemacu pertumbuhan serta antioksidan sintesis bagi unggas. Indonesia sangat berpotensi untuk pengembangan dan budidaya *Chlorella vulgaris* dan *Spirulina platensis*, namun budidaya secara masif dan dalam skala ekonomis belum dilakukan. Kondisi yang demikian menjadikan *Chlorella vulgaris* dan *Spirulina platensis* belum menguntungkan sebagai sumber protein, namun lebih memungkinkan sebagai pakan aditif pemacu pertumbuhan atau antioksidan untuk unggas di Indonesia.

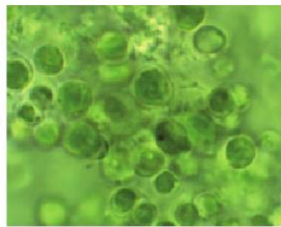
Kata kunci: *Chlorella vulgaris*, *Spirulina platensis*, alternatif antibiotik, antioksidan, unggas

PENDAHULUAN

Industri perunggasan merupakan salah satu sektor strategis untuk memenuhi kebutuhan protein hewani dan sekaligus menggerakkan ekonomi masyarakat Indonesia. Namun, industri ini memiliki banyak tantangan dan hambatan terutama dalam hal penyediaan bahan pakan, obat, aditif (imbuhan pakan) dan suplemen. Pakan merupakan salah satu komponen utama pada budidaya unggas karena memiliki

kontribusi sekitar 70% [6]. Ironisnya, sebagian besar [6] untuk [6], terutama sumber protein, [6] harus diimpor dari luar negeri. Hal serupa juga terjadi pada obat, imbuhan pakan maupun suplemen. Kondisi tersebut menyebabkan industri perunggasan di Indonesia sangat tergantung terhadap kondisi perekonomian dan keamanan global serta nilai tukar rupiah.

Upaya telah dilakukan dalam rangka mengurangi ketergantungan industri perunggasan nasional terhadap importasi bahan pakan sumber protein, obat, aditif dan suplemen. Penggunaan mikroalga atau ganggang *Chlorella vulgaris* dan *Spirulina platensis* sebagai alternatif sumber protein, pemacu pertumbuhan, antimikroba, antioksidan dan imunomodulator (Sugiharto 2020) sangat membantu peternak dalam upaya mengurangi penggunaan bahan-bahan impor dalam budidaya ternak unggas. *Chlorella* diidentikkan dengan kata *chlorophyll* atau zat warna hijau yang berperan dalam proses fotosintesis pada tumbuhan. *Chlorella vulgaris* merupakan jenis mikroalga uniseluler yang dapat dibudidayakan di media air tawar maupun air laut (Widayat et al. 2018; Abdelnour et al. 2019). Selain lazim dikonsumsi manusia, mikroalga ini dapat pula dimanfaatkan sebagai sumber protein maupun imbuhan pakan untuk unggas. *Chlorella vulgaris* memiliki kandungan protein sekitar 60,6% (Abdelnour et al. 2019) dan bahan-bahan aktif yang sangat bermanfaat bagi kesehatan ayam (Sugiharto et al. 2010; Sugiharto 2020). Menurut Bold & Wynne (1985), *Chlorella* sp. diklasifikasikan dalam divisi Chlorophyta, kelas Chlorophyceae, ordo Chlorococcales, famili Oocystaceae, genus *Chlorella* dan spesies *Chlorella* sp. Costa & de Morais (2014) melaporkan terdapat 20-30 spesies *Chlorella*, diantaranya adalah *Chlorella vulgaris*, *Chlorella pyrenoidosa* dan *Chlorella ellipsoidea*. Dari tiga spesies *Chlorella* tersebut, *Chlorella vulgaris* merupakan spesies *Chlorella* yang paling populer dan banyak dibudidayakan di Indonesia (Yanuhar et al. 2019; Gambar 1 dan 2).



Gambar 1. Sel-sel *Chlorella vulgaris*

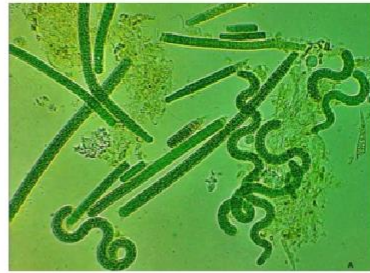
Sumber: Brzychezky et al. (2016)



Gambar 2. Tepung *Chlorella vulgaris*

Sumber: Niccolai et al. (2019)

Spirulina merupakan *cyanobacteria* yang dapat dikembangkan di air tawar, air payau maupun air laut. Ganggang ini memiliki bentuk spiral, memiliki klorofil, kandungan protein yang tinggi (>50% berat kering) serta kaya akan mineral dan vitamin (Christwardana et al. 2013). Bold & Wynne (1985) mengklasifikasikan *Spirulina* ke dalam divisi Cyanophyta, kelas Cyanophyceae, ordo Nostocales, famili Oscillatoriaceae, genus *Spirulina* dan spesies *Spirulina* sp. Ada banyak spesies *Spirulina* yang telah diidentifikasi sampai dengan saat ini. Christwardana et al. (2013) menyebutkan terdapat 58 spesies *Spirulina*, namun hanya beberapa spesies saja yang telah dimanfaatkan. Diantara spesies tersebut adalah *Spirulina platensis* (*Arthrospira platensis*), *Spirulina maxima* (*Arthrospira maxima*) dan *Spirulina fusiformis* (*Arthrospira fusiformis*) (Balaji 2013; Christwardana et al. 2013). Di Indonesia, *Spirulina platensis* merupakan spesies *Spirulina* yang paling dikenal dan banyak dibudidayakan (Christwardana et al. 2013; Gambar 3 dan 4). Tujuan dari review ini adalah mengkaji manfaat *Chlorella vulgaris* dan *Spirulina platensis* ditinjau dari kandungan nutrisi dan senyawa bioaktifnya untuk meningkatkan produktivitas unggas serta peluang pengembangan dan pemanfaatannya di Indonesia.



Gambar 3. Sel-sel *Spirulina platensis*

Sumber: Seyidoglu et al. (2016)



Gambar 4. Tepung *Spirulina platensis*

Sumber: Sayadi et al. (2019)

PRODUKSI *CHLORELLA VULGARIS* DAN *SPIRULINA PLATENSIS*

Penggunaan *Chlorella vulgaris* telah meluas di seluruh dunia, baik sebagai bahan pangan (*nutraceutical*) untuk manusia maupun sebagai imbuhan pakan untuk ternak. Saat ini *Chlorella vulgaris* sebagian besarnya diproduksi oleh tiga negara, yakni Jepang, Jerman dan Taiwan (Safi et al. 2014). Produksi *Chlorella vulgaris* juga telah dilakukan di Indonesia, namun dalam skala yang masih kecil (Yanuhar et al. 2019). Produksi *Chlorella vulgaris* pada kolam terbuka merupakan metode produksi yang paling umum dan termurah (Gambar 5). Metode produksi pada kolam terbuka juga dapat menghasilkan biomassa *Chlorella vulgaris* dalam skala besar. Selain itu, metode ini dapat memanfaatkan energi cahaya (matahari) secara cuma-cuma sehingga lebih efisien (Jiménez et al. 2003; Safi et al. 2014). Namun demikian, sistem kolam terbuka memiliki beberapa keterbatasan karena sistem produksi ini memerlukan kontrol lingkungan yang ketat untuk menghindari risiko polusi, penguapan air, kontaminan, bakteri yang merugikan dan risiko pertumbuhan spesies ganggang lainnya. Selain itu, perbedaan suhu karena perubahan musim juga tidak dapat dikontrol dengan akurat dan konsentrasi CO₂ dan paparan sinar matahari yang

berlebihan sulit dikelola dengan tepat (Safi et al. 2014). Selain budidaya pada kolam terbuka skala besar, produksi *Chlorella* juga dapat dilakukan dengan menggunakan bioreaktor tertutup atau tetap pada kolam terbuka dalam skala kecil (Gambar 6) yang pernah dilakukan oleh FAO di beberapa negara (Habib et al 2008). Skala kecil seperti ini dapat lebih mudah dikembangkan di skala petani kecil tetapi perlu penanganan proses pasca panen yang tepat sehingga tidak cepat membusuk.

Australia, Amerika Serikat, Jepang, Inggris, India, Selandia Baru dan Kanada adalah beberapa contoh produsen utama *Spirulina platensis* di dunia (Al-Dhabi 2013). Seperti halnya *Chlorella vulgaris*, *Spirulina platensis* juga umumnya diproduksi pada kolam terbuka dan bioreaktor tertutup (*closed photobioreactors*) (Vonshak & Richmond 1988; Shams et al. 2017; El-Sayed & El-Sheekh 2018). Secara umum, mikroalga termasuk *Spirulina platensis* membutuhkan air, CO₂ dan cahaya matahari untuk dapat hidup dan berkembang (Shams et al. 2017). Oleh karena itu kontrol dan pemenuhan terhadap komponen-komponen tersebut mutlak diperlukan untuk menghasilkan produk *Spirulina platensis* yang memiliki nilai nutrisi dan fungsional (senyawa bioaktif) yang tinggi.



Gambar 5. Produksi mikroalga *Chlorella vulgaris* dan *Spirulina platensis* dengan sistem kolam terbuka

Sumber: Diadopsi dari <https://nutriphs.com/en/all-about-chlorella/cultivation-method/>



Gambar 6. Produksi mikroalga *Chlorella vulgaris* dan *Spirulina platensis* dengan bioreaktor tertutup

Sumber: Habib et al. (2008)

KOMPOSISI PROKSIMAT, MINERAL, VITAMIN DAN SENYAWA BIOAKTIF PADA *CHLORELLA VULGARIS* DAN *SPIRULINA PLATENSIS*

Ditinjau dari aspek nutrisi, kedua mikroalga *Chlorella vulgaris* dan *Spirulina platensis* memiliki kandungan nutrisi yang sangat tinggi sehingga biomasa mikroalga telah lama dimanfaatkan sebagai bahan pangan maupun pakan. Tabel 1 mempresentasikan komposisi proksimat mikroalga *Chlorella vulgaris* dan *Spirulina platensis* dari beberapa publikasi sebelumnya. *Chlorella vulgaris* maupun *Spirulina platensis* merupakan sumber protein yang sangat baik, karena keduanya memiliki kandungan protein kasar lebih dari 50% (dalam bahan kering). Sangat jelas bahwa komposisi nutrisi dari mikroalga sangat bervariasi antar studi. Beberapa faktor dapat menyebabkan variasi nilai nutrisi pada *Chlorella vulgaris* dan *Spirulina platensis*, antara lain faktor iklim, intensitas cahaya, aerasi, stres dan kondisi produksi (Sugiharto 2020). Jenis dan kondisi kultur untuk membudidayakan mikroalga juga sangat berpengaruh terhadap kandungan proksimat dari mikroalga tersebut. Michael et al. (2019) menunjukkan bahwa *Spirulina platensis* yang diproduksi pada medium Zarrouk memiliki kandungan protein kasar, lemak kasar dan abu lebih tinggi dibandingkan dengan yang dibudidayakan pada low-cost medium yang berbasis pupuk NPK 10-20-20. Strain dari mikroalga juga dilaporkan dapat berpengaruh terhadap kandungan nutrisi dari mikroalga. Jiménez et al. (2003) melaporkan bahwa *Spirulina platensis* strain A

9 memiliki kandungan protein kasar lebih tinggi dan abu lebih rendah 9 dibandingkan dengan strain B.

Selain memiliki kandungan protein yang tinggi, *Chlorella vulgaris* adalah mikroalga yang memiliki 60% asam amino esensial (terhadap total asam amino) sehingga sangat bermanfaat bagi tubuh. *Chlorella vulgaris* (dalam kondisi dinding sel yang telah dihancurkan) juga memiliki nilai kecernaan protein yang tinggi karena memiliki bobot molekul protein yang rendah (Rani et al. 2018), yakni antara 12,0 sampai dengan 75,0 kDa (Ursu et al. 2014). Secara rinci Kent et al. (2015) melaporkan kandungan asam amino *Chlorella vulgaris* sebagaimana tertera pada Tabel 2. *Spirulina platensis* mengandung asam amino yang cukup tinggi (Liestianty et al. 2019). Sebagaimana pada protein, variasi antar studi juga dijumpai pada kandungan asam amino *Spirulina platensis* (Tabel 2). Namun, meskipun protein dan asam amino *Spirulina platensis* tergolong superior dibandingkan dengan sumber protein lain, menurut 9 Itiérriz-Salmeán et al. (2015), *Spirulina platensis* memiliki kandungan asam amino metionin and sistin yang relatif rendah. Kent et al. (2015) lebih lanjut membandingkan kandungan protein pada *Chlorella vulgaris* dan *Spirulina platensis*, dan melaporkan bahwa *Chlorella vulgaris* memiliki kandungan protein lebih rendah (39,98%) dibandingkan dengan *Spirulina platensis* (51,56%). *Chlorella vulgaris* 6a memiliki kandungan total asam amino yang lebih rendah dibandingkan dengan *Spirulina platensis* (Kent 10, al. 2015). Hal menarik terlihat pada kandungan asam amino esensial leusin dan asam amino nonesensial asam glutamat yang memiliki proporsi paling tinggi di antara asam-asam amino esensial maupun non esensial

pada kedua jenis mikroalga (Tabel 2). Han et al. (2019) melaporkan bahwa suplementasi leusin dapat meningkatkan performa pertumbuhan dan mengurangi dampak negatif dari stres pada ayam broiler. Suplementasi asam glutamat juga dapat memperbaiki performa pertumbuhan, aktivitas enzim pencernaan, perkembangan vili usus dan kesehatan unggas (Olubodun et al. 2015). Lebih lanjut, Wang et al. (2012) melaporkan bahwa asam amino leusin dan asam

glutamat dapat mempengaruhi hipotalamus sehingga berdampak terhadap peningkatan konsumsi pakan pada unggas.

Mineral merupakan nutrisi penting yang dibutuhkan oleh tubuh untuk menjaga kondisi fisiologis dan kesehatan. Meskipun dalam jumlah yang relatif kecil, mineral harus disediakan karena ternak tidak dapat memproduksi mineral secara *endogenous* di

Tabel 1. Komposisi proksimat *Chlorella vulgaris* dan *Spirulina platensis* (% bahan kering)

<i>Chlorella vulgaris</i>	Sugiharto et al. (2010)	Kang et al. (2013)
Protein kasar	55,3	60,6
Lemak kasar	10,3	12,8
Serat kasar	5,80	13,0
Abu	TD	4,50
<i>Spirulina platensis</i>	Sharoba et al. (2014)	Sugiharto et al. (2018)
Protein kasar	62,8	52,4
Lemak kasar	6,93	0,63
Serat kasar	8,12	34,2
Abu	7,47	11,9

TD: tidak diukur

Tabel 2. Kandungan asam amino dalam *Chlorella vulgaris* dan *Spirulina platensis* (mg/g)

Jenis asam amino	<i>Chlorella vulgaris</i>		<i>Spirulina platensis</i>	
	(Kent et al. 2015)	(Gutiérrez-Salmeán et al. 2015)	(Liestianty et al. 2019)	
Asam amino esensial				
Histidin	24,3	10,0	10,0	
Isoleusin	44,0	35,0	36,0	
Leusin	92,0	53,8	55,0	
Lisin	88,9	29,6	30,0	
Metionin	22,3	11,7	14,0	
Fenilalanin	54,7	27,5	28,0	
Treonin	47,4	28,6	TD	
Triptofan	TD	10,9	10,0	
Valin	61,0	39,4	45,0	
Asam amino non esensial				
Alanin	83,4	45,9	47,0	
Arginin	71,5	43,1	44,0	
Asam aspartat	93,6	59,9	60,0	
Sistin	4,35	5,90	7,00	
Asam glutamat	129	91,3	92,0	
Glisin	53,8	31,3	32,0	
Prolin	47,8	23,8	27,0	
Serin	40,4	27,6	33,0	
Tirosin	41,6	25,0	30,0	

TD: tidak diukur

dalam tubuhnya. Mikroalga *Chlorella vulgaris* dan *Spirulina platensis* sejak lama dikenal sebagai sumber mineral yang baik (Tabel 3 dan 4). Kedua jenis mikroalga tersebut sangat potensial sebagai sumber Ca, P, Na, K dan Zn (Balaji et al. 2013; Sotiroidis & Sotiroidis 2013; Seghiri et al. 2019). Secara khusus, Sotiroidis & Sotiroidis (2013) melaporkan bahwa *Spirulina platensis* merupakan sumber zat besi (Fe) yang sangat baik. Berbagai faktor berpengaruh terhadap kandungan mineral di dalam mikroalga baik *Chlorella vulgaris* dan *Spirulina platensis*, diantaranya adalah kondisi kultur dan jenis medium untuk

memproduksi mikroalga (Bertoldi et al. 2008; Sotiroidis & Sotiroidis 2013). Sejalan dengan peneliti di atas, Michael et al. (2019) memberikan contoh bahwa *Spirulina platensis* yang diproduksi pada medium Zarouk memiliki kandungan Ca, Mg, Fe, Mn dan Zn yang lebih tinggi dibandingkan dengan *Spirulina platensis* yang diproduksi pada *low-cost medium*. Faktor lain seperti suhu, iklim dan intensitas cahaya matahari juga dapat mempengaruhi kandungan mineral pada mikroalga *Chlorella vulgaris* dan *Spirulina platensis* (Sugiharto 2020).

Tabel 3. Kandungan mineral, vitamin dan metabolit sekunder pada *Chlorella vulgaris*

Mineral	Bertoldi et al. (2008) (mg/100 g)	Ru et al. (2020) (mg/100 g)
Ca	138,8	1425
P	1300,0	TD
Mg	227,6	851
K	562,6	1197
Na	10,0	101
Fe	79,3	82,2
Mn	6,2	TD
Cu	10,9	48,4
Zn	5,0	293
Vitamin	Andrade et al. (2018) (per 100 g)	Yulita (2015); Ravishankar & Rao (2020) (per 100 g)
A	30,77 mg	825 IU
C	10,4 mg	15,6 mg
B1	1,7 mg	1,01 mg
B2	4,3 mg	4,8 mg
B3	23,8 mg	23,8 mg
B5	1,1 mg	1,3 mg
B6	1,4 mg	1,7 mg
B7	TD	191,6 mg
B12	0,1 ug	125,9 mg
Folate	94 µg	26,9 mg
E	1,5 mg	13,1 mg
Senyawa bioaktif	Safi et al. (2014) (µg/g)	
<i>β</i> -Carotene	7-12.000	
<i>Astaxanthin</i>	550.000	
<i>Cantaxanthin</i>	362.000	
<i>Lutein</i>	52-3830	
<i>Chlorophyll-a</i>	250-9630	
<i>Chlorophyll-β</i>	72-5770	
<i>Pheophytin-a</i>	2310-5640	
<i>Violoxanthin</i>	10-37	

TD: tidak diukur

Tabel 4. Kandungan mineral, vitamin dan metabolit sekunder pada *Spirulina platensis*

Mineral	Seghiri et al. (2019) (mg/100 g)	Sotiroudis & Sotiroudis (2013) (% bahan kering)	Falquet (1997) (mg/kg)
Ca	6000	0,13–1,4	1300-14000
P	10088,33	0,67–0,9	6700-9000
Na	14004	TD	4500
K	2501,66	0,64–1,54	6400-15400
Mg	100,33	TD	2000-2900
Fe	80,66	0,058–0,18	580-1800
Zn	5	TD	21-40
Cu	1,22	TD	TD
Mn	1,56	TD	25-37
Vitamin	Falquet (1997) (mg/kg)	Gutiérrez-Salmeán et al. (2015) (per 100 g)	Andrade et al. (2018) (per 100 g)
B1	34-50	0,5 mg	2,4 mg
B2	30-46	4,53 mg	3,7 mg
B3	TD	TD	12,8 mg
B6	5-8	0,96 mg	0,4 mg
B12	1,5-2,0	162 mcg	0 ug
<i>Niacin</i>	130,00	14,9 mg	TD
<i>Folate</i>	0,50	TD	94 µg
<i>Pantothenate</i>	4,6-25	TD	TD
<i>Biotin</i>	0,05	TD	TD
C	TD	TD	10,1 mg
E	50-190	TD	5,0 mg
A	TD	352.000 IU	0,34 mg
K	TD	1090 mcg	25,5 µg
Senyawa bioaktif	Jiménez et al. (2003) (g/kg)	Sotiroudis & Sotiroudis (2013) (%)	Gutiérrez-Salmeán et al. (2015) (per 100 g)
<i>Phycocyanin</i>	140	TD	17,2%
<i>Chlorophyll</i>	6,1-10	0,66–1,2	1,2%
<i>Carotenoids</i>	3,7	0,37–0,59	504 mg
<i>β-Carotene</i>	1,5-1,9	TD	211 mg
<i>Zeaxanthin</i>	TD	TD	101 mg

TD: tidak diukur

Sama halnya dengan mineral, vitamin merupakan komponen nutrisi yang sangat dibutuhkan oleh tubuh, meskipun dalam jumlah yang sangat kecil. *Chlorella vulgaris* dan *Spirulina platensis* merupakan dua jenis mikroalga yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber vitamin (Sotiroidis & Sotiroidis 2013). Andrade et al. (2018) melaporkan bahwa secara umum mikroalga *Chlorella vulgaris* dan *Spirulina platensis* memiliki kandungan vitamin A, C, E, B1, B2, B3, B5, B6, B9 dan B12 yang cukup tinggi, sehingga konsumsi mikroalga tersebut dapat meningkatkan kecukupan vitamin di dalam tubuh unggas. Namun, jika dibandingkan dengan *Chlorella vulgaris*, mikroalga *Spirulina platensis* memiliki kandungan vitamin E, B1 dan B7 yang lebih tinggi (Andrade et al. 2018). Tabel 3 dan 4 menunjukkan detail vitamin yang terkandung dalam mikroalga *Chlorella vulgaris* dan *Spirulina platensis*. Terlihat dalam Tabel 4 bahwa terdapat variasi kandungan vitamin dalam mikroalga terutama *Spirulina platensis*. Michael et al. (2019) melaporkan bahwa perbedaan kondisi kultur dan media untuk memproduksi mikroalga sangat berpengaruh terhadap kandungan vitamin pada mikroalga tersebut. Lebih lanjut, Andrade et al. (2018) melaporkan bahwa kandungan vitamin dalam mikroalga *Chlorella vulgaris* dan *Spirulina platensis* sangat tergantung pada kondisi kultivasi, proses pemanenan dan metode pengeringan mikroalga.

Penggunaan bahan aktif sebagai imbuhan pakan banyak diaplikasikan saat ini seiring dengan pelarangan antibiotik sebagai imbuhan pakan pada industri perunggasan. Mikroalga dikenal sebagai sumber metabolit sekunder yang sejatinya merupakan komponen bioaktif yang dihasilkan oleh tumbuhan yang memiliki dampak menyehatkan bagi ternak. Metabolit sekunder yang dihasilkan oleh mikroalga *Chlorella vulgaris* dan *Spirulina platensis* diantaranya pigmen (Tabel 3 dan 4). Pada mikroalga, pigmen sangat berperan penting untuk metabolisme atau fotosintesis. Pada ternak, pigmen dapat berperan sebagai antioksidan, imunomodulator dan anti-inflamasi. *Carotenoids* dan *phycobiliproteins* merupakan pigmen utama pada mikroalga. *Carotenoids* umumnya diklasifikasikan ke dalam dua kelompok, yakni *carotenes* dan *xanthophylls*. *Phycobiliprotein* merupakan kelompok protein berwarna dengan prostetik *tetrapyrrole* linier (bilin). *Phycobiliprotein* memiliki potensi sebagai antioksidan, anti-inflamasi, imunomodulasi, antivirus dan antijamur (Andrade et al. 2018). Variasi antar metabolit sekunder pada mikroalga juga terlihat antar studi. Sangat dimungkinkan bahwa perbedaan kondisi kultur (terutama suhu dan intensitas cahaya) dan media produksi sangat berpengaruh terhadap kandungan metabolit sekunder dalam mikroalga (Sugiharto 2020). Jiménez et al. (2003) lebih lanjut melaporkan bahwa perbedaan strain *Chlorella*

vulgaris dan *Spirulina platensis* juga sangat mempengaruhi kandungan pigmen dan metabolit sekunder lain dalam mikroalga tersebut.

CHLORELLA VULGARIS DAN SPIRULINA PLATENSIS SEBAGAI PAKAN SUPLEMEN PROTEIN UNTUK UNGGAS

Protein dan asam amino merupakan salah satu komponen nutrisi terpenting bagi unggas. Protein dan asam amino dibutuhkan untuk pembentukan otot (daging), sintesis komponen darah, enzim, hormon dan lain-lain. Bungkil kedelai merupakan bahan pakan utama penyedia protein dan asam amino untuk unggas. Saat ini bungkil kedelai untuk industri perunggasan masih sangat tergantung dari impor. Hal ini menyebabkan mahal dan tidak stabilnya harga serta pasokan bungkil kedelai di Indonesia. Spolaore et al. (2006) melaporkan bahwa *Chlorella vulgaris* dapat dimanfaatkan sebagai alternatif pengganti sumber protein konvensional pada pakan unggas sebanyak 5-10%. Studi tentang penggunaan *Chlorella vulgaris* sebagai sumber protein dalam ransum unggas masih sangat sulit ditemukan dalam literatur. Tingginya kandungan asam amino leusin dan asam glutamat dalam kedua mikroalga ini memiliki potensi sebagai suplemen yang bermanfaat untuk mengurangi stress, meningkatkan konsumsi dan lain-lain seperti yang telah diuraikan sebelumnya. Umumnya *Chlorella vulgaris* digunakan sebagai suplemen atau imbuhan pakan yang proporsinya di dalam ransum tidak sampai 2% (Abdelnour et al. 2019).

Selain memiliki kandungan selulosa yang rendah (Nege et al. 2020), *Spirulina platensis* juga memiliki nilai biologis (*biologic value*, yakni nilai yang mengukur kualitas protein dengan menghitung nitrogen yang digunakan untuk pembentukan jaringan dibagi dengan nitrogen yang diserap dari pakan) 75%, *net protein utilization* 62%, pencernaan protein 85% dan protein efisiensi 1,9% (Gutiérrez-Salmeán et al. 2015). Beberapa peneliti telah memanfaatkan *Spirulina platensis* sebagai bahan pakan sumber protein bagi unggas. Bellof & Alarcón (2013) menggunakan *Spirulina platensis* sebagai sumber protein untuk ayam broiler organik sampai dengan 5%. Penggunaan *Spirulina platensis* berdampak positif terhadap peningkatan bobot badan akhir dan perbaikan kualitas karkas ayam broiler. Namun, penggunaan *Spirulina platensis* sebagai sumber protein terlalu mahal. Lebih lanjut disarankan agar penggunaan *Spirulina platensis* sebagai bahan sumber protein hanya dilakukan pada pemeliharaan ayam broiler periode awal, yakni umur 1-14 hari pertama karena protein yang berkualitas tinggi sangat membantu pertumbuhan pada masa awal. Mirzaie et al. (2018) juga menggunakan mikroalga *Spirulina platensis* sampai dengan level 2% dalam

ransum ayam broiler untuk mengurangi proporsi bungkil kedelai sebagai sumber protein. Dan disimpulkan bahwa *Spirulina platensis* tidak dapat memperbaiki performa produksi ayam broiler. Elhady & El-Ghalid (2018) menggunakan *Spirulina platensis* sampai dengan level 6% untuk mengurangi proporsi bungkil kedelai dalam ransum ayam broiler. Dilaporkan bahwa penggunaan *Spirulina* pada level 6% dalam ransum dapat memperbaiki performa pertumbuhan dan efisiensi ekonomi. Pestana et al. (2020) menggunakan *Spirulina (Arthrospira) platensis* sebagai bahan pakan sumber protein di dalam ransum ayam broiler. Dilaporkan bahwa penggunaan *Spirulina* sebanyak 15% justru berdampak negatif terhadap performa pertumbuhan ayam broiler. Tingginya proporsi mikroalga *Spirulina* di dalam ransum dapat menyebabkan peningkatan viskositas digesta sehingga menghambat penetrasi atau akses dan aktivitas enzim pencernaan terhadap substrat (pakan) di dalam usus. Hal ini menyebabkan penurunan kecernaan pakan dan akhirnya mengganggu pertumbuhan ayam broiler. Evans et al. (2015) melaporkan jika *Spirulina* digunakan melebihi 10% dalam ransum, maka gelasi protein akan terjadi sehingga menyebabkan peningkatan viskositas digesta dan penurunan kecernaan pakan.

CHLORELLA VULGARIS DAN SPIRULINA PLATENSIS SEBAGAI PAKAN ADITIF PENGGANTI AGP UNTUK UNGGAS

Selain kaya protein, mikroalga *Chlorella vulgaris* dan *Spirulina platensis* sejak lama diketahui mengandung komponen-komponen aktif yang sangat bermanfaat bagi kesehatan manusia maupun hewan. Khusus untuk unggas, banyak peneliti telah dilakukan untuk mengevaluasi efektivitas mikroalga *Chlorella vulgaris* dan *Spirulina platensis* sebagai imbuhan pakan yang dapat menggantikan peran antibiotik pemacu pertumbuhan maupun antibakterial (Abdelnour et al. 2019; Rubel et al. 2019). Tabel 5 memaparkan beberapa contoh studi yang menggunakan mikroalga *Chlorella vulgaris* dan *Spirulina platensis* sebagai alternatif antibiotik pemacu pertumbuhan dan antibakterial untuk unggas. Level penggunaan *Chlorella vulgaris* dan *Spirulina platensis* dalam pakan sangat bervariasi, yakni berkisar antara 0,1% sampai dengan 6% dalam ransum unggas.

Penggunaan *Chlorella vulgaris* dan *Spirulina platensis* sebagai imbuhan pakan dapat memperbaiki performa pertumbuhan dan konversi pakan. Kedua mikroalga tersebut dapat memperbaiki perkembangan dan morfologi (meningkatkan tinggi vili dan rasio tinggi vili dan dalam kript) usus halus sehingga dapat meningkatkan kecernaan dan penyerapan nutrisi pakan oleh ayam (Park et al. 2018; Mirzaie et al. 2020).

Elhady & El-Ghalid (2018) dan Sugiharto (2020) lebih lanjut melaporkan bahwa pemberian mikroalga *Chlorella vulgaris* dan *Spirulina platensis* dapat meningkatkan populasi bakteri baik seperti bakteri asam laktat dan menurunkan bakteri patogen seperti *Escherichia coli* dan *Salmonella* di dalam usus sehingga berdampak positif terhadap pencernaan dan penyerapan nutrisi oleh unggas. Peningkatan bakteri baik dan penurunan bakteri jahat dalam usus halus dapat pula berimbas positif terhadap perkembangan dan respon kekebalan tubuh unggas. Hal yang demikian dapat memperbaiki status kesehatan dan pertumbuhan unggas. Mikroalga juga dilaporkan dapat memperbaiki kondisi fisiologis dan status antioksidan, yang pada akhirnya dapat memaksimalkan laju metabolisme energi dan pertumbuhan ayam broiler (Elhady & El-Ghalid 2018). Kandungan *growth factor* pada *Chlorella vulgaris* (contoh kompleks S-nukleotida adenosil peptida) dan beberapa asam amino esensial di dalam *Spirulina platensis* dilaporkan dapat memperbaiki kecernaan protein dan performa pertumbuhan ayam (Elhady & El-Ghalid 2018; Sugiharto 2020). Lebih lanjut, Jamil et al. (2015) dan Gupta et al. (2017) melaporkan bahwa kandungan prebiotik pada mikroalga terutama oligosakarida dapat meningkatkan populasi bakteri menguntungkan (seperti bakteri asam laktat) dan menurunkan bakteri patogen dalam saluran pencernaan, sehingga dapat berdampak positif terhadap kesehatan dan fungsi saluran pencernaan unggas. Hal tersebut pada akhirnya dapat berimbas positif terhadap pertumbuhan unggas. Peningkatan performa pertumbuhan unggas akibat pemberian mikroalga *Chlorella vulgaris* maupun *Spirulina platensis* tidak dapat digeneralisasikan dari satu studi ke studi yang lain.

Terdapat banyak faktor yang mempengaruhi efektivitas mikroalga sebagai alternatif pemacu pertumbuhan, diantaranya karakteristik nutrisi dan fungsional mikroalga, bahan dan kualitas ransum yang digunakan, kondisi unggas (jenis unggas, jenis kelamin dan lain-lain), kondisi lingkungan selama penelitian dan lain-lain. Berbeda dengan studi Elhady & El-Ghalid (2018) dan Rubel et al. (2019), beberapa peneliti melaporkan hasil yang lain. Sugiharto & Lauridsen (2016) melaporkan bahwa penambahan *Chlorella platensis* sampai dengan level 10 g/kg tidak dapat meningkatkan laju pertumbuhan ayam broiler. Mirzaie et al. (2018), Bonos et al. (2016) dan El-Bahr et al. (2020) juga melaporkan bahwa penggunaan *Spirulina platensis* masing-masing pada level 20 g/kg, 10 g/kg dan 1 g/kg tidak memberikan dampak positif terhadap penambahan bobot badan ayam broiler. Kurniawan & Chistie (2020) juga melaporkan bahwa pemberian *Spirulina platensis* tidak dapat meningkatkan pertumbuhan pada itik. Hasil yang bervariasi dari penelitian-penelitian tersebut sangat

Tabel 5. Efektivitas mikroalga *Chlorella vulgaris* dan *Spirulina platensis* sebagai alternatif antibiotik pemacu pertumbuhan dan antibakteri

Jenis mikroalga	Level pada pakan	Pengaruh terhadap unggas	Referensi
<i>Chlorella vulgaris</i>	0,1%	Meningkatkan pertumbuhan ayam broiler jika dibandingkan dengan kontrol	El-Bahr et al. (2020)
<i>Chlorella vulgaris</i> by-product (hasil sampingan ekstraksi lemak dari biomasa alga menggunakan metode <i>mechanical solid shear</i>)	1,0-2,0%	Meningkatkan total antibodi dan titer imunoglobulin G terhadap <i>sheep red blood cells</i> serta memperbaiki morfologi (meningkatkan tinggi vili dan mengurangi dalamnya kript) usus ayam broiler	Mirzaie et al. (2020)
Ekstrak ⁸ (menggunakan metanol) <i>Chlorella vulgaris</i>	0,02-0,04%	Meningkatkan pertumbuhan, konsumsi pakan dan memperbaiki konversi pakan dan kondisi fisiologis ayam broiler	Ziar-Larimi et al. (2018)
<i>Chlorella vulgaris</i>	1%	Meningkatkan bobot akhir, memperbaiki konversi pakan dan meningkatkan konsentrasi imunoglobulin A pada ayam broiler	Choi et al. (2017)
<i>Chlorella vulgaris</i>	0,5-1%	Memperbaiki respon kekebalan tubuh (terutama imunoglobulin A) ayam broiler	Sugiharto & Lauridsen (2016)
<i>Chlorella vulgaris</i>	0,05-0,5%	Memperbaiki pertumbuhan, respon imun (imunoglobulin A, G dan M) dan memodulasi sistem imun ayam broiler	An et al. (2016)
<i>Chlorella vulgaris</i> fermentasi	0, 1000 atau 2000 mg/kg	Meningkatkan penambahan bobot badan dan konsumsi pakan itik Peking	Oh et al. (2015)
<i>Chlorella vulgaris</i>	1%	Memperbaiki pertumbuhan, meningkatkan imunoglobulin A, M dan G dan jumlah populasi bakteri <i>Lactobacillus</i> di dalam usus ayam broiler	Kang et al. (2013)
⁸ <i>Spirulina platensis</i>	1,5%	Meningkatkan bobot akhir ayam broiler	Sharmin et al. (2020)
<i>Spirulina platensis</i>	0,1-0,5%	Menurunkan populasi bakteri <i>Escherichia coli</i> pada ileum burung puyuh	Hajati et al. (2020)
<i>Spirulina platensis</i>	1%	Memperbaiki pertumbuhan dan meningkatkan respon kekebalan tubuh ayam broiler terhadap vaksinasi <i>infectious bursal disease</i> (IBD)	Kumari et al. (2019)
<i>Spirulina platensis</i>	0,5-1,5%	Memperbaiki pertumbuhan, konversi pakan, sistem kekebalan tubuh (meningkatkan jumlah limfosit) dan ekologi usus ayam broiler	Rubel et al. (2019)
<i>Spirulina platensis</i>	2,5, 5, 10, 20 g/kg	Meningkatkan penambahan bobot badan dan <i>European efficiency index</i> burung puyuh	Hajati & Zaghari (2019)
<i>Spirulina platensis</i>	3-6%	Meningkatkan performa pertumbuhan dan efisiensi ekonomi ayam broiler	Elhady & El-Ghalid (2018)
<i>Spirulina platensis</i>	0,25-1,0%	Memperbaiki laju pertumbuhan, konversi pakan, indeks produksi, pencernaan dan meningkatkan populasi bakteri <i>Lactobacillus</i> dalam sekum ayam broiler	Park et al. (2018)
<i>Spirulina platensis</i>	0,5-2,0%	Memperbaiki respon antibodi (kekebalan tubuh) ayam broiler pada saat kondisi cekaman panas	Mirzaie et al. (2018)
<i>Spirulina platensis</i>	0,7-0,9 g/kg	Memperbaiki pertumbuhan, kondisi fisiologis, sistem imun dan populasi mikroba di dalam usus ayam broiler	Fathi et al. (2018)

Lanjutan Tabel 5. Efektivitas mikroalga *Chlorella vulgaris* dan *Spirulina platensis* sebagai alternatif antibiotik pemacu pertumbuhan dan antibakteri

8	jenis mikroalga	Level pada pakan	Pengaruh terhadap unggas	Referensi
	<i>Spirulina platensis</i>	0,06%	Meningkatkan penambahan bobot badan harian ayam broiler	Shinde et al. (2018)
	<i>Spirulina platensis</i>	0,05-0,1%	Memperbaiki performa pertumbuhan, sistem imun serta mengurangi dampak negatif stres panas pada ayam broiler	Zeweil et al. (2016)
	<i>Spirulina platensis</i>	1,0 atau 2,0 g/kg)	Memperbaiki penambahan bobot badan, konversi pakan dan <i>European efficiency index</i> serta meningkatkan populasi bakteri <i>Lactobacilli</i> dalam usus burung puyuh	Yusuf et al. (2016)
	<i>Spirulina platensis</i>	1%	Memperbaiki laju pertumbuhan dan konversi pakan serta meningkatkan tinggi vili usus halus ayam broiler	Shanmugapriya et al. (2015)

dimungkinkan karena beberapa alasan, diantaranya karena perbedaan kualitas dan karakteristik mikroalga serta kondisi penelitian (jenis unggas dan kualitas ransum yang digunakan, higienitas kandang, cekaman stres yang dialami ayam dan lain-lain) yang dilakukan. Dalam hal karakteristik mikroalga, perbedaan kandungan protein dan serat kasar dalam mikroalga yang digunakan pada penelitian dapat mempengaruhi asupan protein dan kecernaan nutrien sehingga berdampak terhadap performa pertumbuhan unggas (Elhady & El-Ghalid 2018; Sugiharto et al. 2018; Rubel et al. 2019).

CHLORELLA VULGARIS DAN SPIRULINA PLATENSIS SEBAGAI PAKAN ADITIF PENCEGAH STRES OKSIDATIF UNTUK UNGGAS

Antioksidan merupakan komponen yang sangat penting untuk mempertahankan jaringan tubuh dari potensi kerusakan yang ditimbulkan oleh stres oksidatif (Sugiharto 2020). Produk antioksidan berbasis bahan kimia (sintetis) telah lazim digunakan oleh peternak untuk memperbaiki status antioksidan di dalam tubuh ayam. Namun studi menunjukkan bahwa penggunaan antioksidan berbasis kimia dapat menimbulkan efek karsinogenik sehingga dapat berdampak negatif terhadap kesehatan manusia sebagai konsumen (Sugiharto et al. 2017). Beberapa alternatif antioksidan alami saat ini banyak diujikan pada unggas, dua diantaranya adalah mikroalga *Chlorella vulgaris* dan *Spirulina platensis* (Tabel 6). Dengan alasan praktis dan ekonomis, mikroalga banyak diaplikasikan dalam bentuk tepung daripada ekstrak. Dalam prakteknya, level penggunaan tepung mikroalga sebagai antioksidan alami sangat variatif mulai dari 0,1% sampai dengan 2% untuk *Chlorella vulgaris* dan 0,1% sampai 15% untuk *Spirulina platensis*. Berdasarkan

studi yang dirangkum pada Tabel 6, terlihat bahwa *Chlorella vulgaris* dan *Spirulina platensis* dapat memperbaiki status maupun sistem antioksidan di dalam tubuh unggas yang diindikasikan dari peningkatan aktivitas enzim-enzim antioksidan (*superoxide dismutase* dan *glutathione peroxidase*) dan penurunan kadar *malondialdehyde* yang umum digunakan sebagai indikator tingkat peroksidasi lemak. Kandungan bahan bioaktif seperti beta karoten, *astaxanthin*, *lutein* dan *phycoerythrin* dalam mikroalga dilaporkan dapat meningkatkan aktivitas enzim-enzim antioksidan di dalam tubuh ayam (Barkia et al. 2019). Selain itu, bahan aktif seperti *lycopene* dan *phycobiliproteins* di dalam *Chlorella vulgaris* dan *Spirulina platensis* dapat bertindak sebagai agen antioksidan untuk menetralkan radikal bebas yang berlebihan di dalam tubuh sehingga kerusakan oksidatif pada jaringan ayam dapat dicegah (Bhalmurugan et al. 2018). Kemampuan mikroalga terutama *Chlorella vulgaris* dalam meningkatkan konsentrasi Selenium (Se) di dalam sistem sirkulasi juga akan berdampak terhadap perbaikan sistem antioksidan pada unggas (Sugiharto 2020).

PELUANG PENGEMBANGAN DAN PEMANFAATAN CHLORELLA VULGARIS DAN SPIRULINA PLATENSIS UNTUK UNGGAS DI INDONESIA

Bahan pakan sumber protein dalam ransum unggas adalah suatu keniscayaan. Namun, penggunaan bungkil kedelai sebagai pilihan utama bahan pakan sumber protein menjadi hambatan dan tantangan tersendiri bagi peternak unggas di Indonesia karena keberadaannya yang masih harus diimpor dari luar negeri. Tantangan lain yang harus dihadapi oleh peternak unggas di Indonesia adalah dilarangnya penggunaan antibiotik dalam pakan dan, mungkin ke

Table 6. Efektivitas mikroalga *Chlorella vulgaris* dan *Spirulina platensis* sebagai alternatif antioksidan

Jenis mikroalga	Level pada pakan	Pengaruh terhadap unggas	Referensi
<i>Chlorella vulgaris</i>	0,1%	Meningkatkan aktivitas enzim <i>superoxide dismutase</i> dan menurunkan level <i>malondialdehyde</i> pada daging ayam broiler	El-Bahr et al. (2020)
<i>Chlorella vulgaris</i> by-product	1,0-2,0%	Meningkatkan aktivitas <i>superoxide dismutase</i> menurunkan level <i>malondialdehyde</i> pada ayam broiler	Mirzaie et al. (2020)
<i>Chlorella vulgaris</i>	0,05% (dalam air minum)	Menurunkan konsentrasi <i>malondialdehyde</i> dalam serum ayam broiler	El-Abd & Hamouda (2017)
<i>Spirulina platensis</i>	0,1%	Meningkatkan aktivitas enzim <i>superoxide dismutase</i> dan menurunkan level <i>malondialdehyde</i> pada daging ayam broiler	El-Bahr et al. (2020)
<i>Spirulina platensis</i>	1,5%	Menurunkan nilai <i>thiobarbituric acid</i> (TBARS) pada daging ayam broiler	Sharmin et al. (2020)
<i>Spirulina platensis</i>	0,1-0,5%	Menurunkan level <i>malondialdehyde</i> , heterofil dan rasio heterofil dan limfosit pada darah burung puyuh	Hajati et al. (2020)
<i>Spirulina platensis</i>	0, 5, 10 dan 15%	Menurunkan peroksidasi lemak dan meningkatkan kapasitas antioksidan total dalam kuning telur burung puyuh	Boiago et al. (2019)
<i>Spirulina platensis</i>	0,5-2,0%	Memperbaiki sistem antioksidan dalam tubuh ayam broiler pada saat kondisi cekaman panas, terlihat dari peningkatan aktivitas <i>superoxide dismutase</i> and <i>glutathione peroxidase</i> dan penurunan level <i>malondialdehyde</i>	Mirzaie et al. (2018)
<i>Spirulina platensis</i>	0,25-1,0%	Meningkatkan aktivitas enzim antioksidan (<i>superoxide dismutase</i> dan <i>glutathione peroxidase</i>) pada ayam broiler	Park et al. (2018)
<i>Spirulina platensis</i>	0,05-0,1%	Meningkatkan level <i>glutathione peroxidase</i> dan menurunkan <i>malondialdehyde</i> pada daging ayam broiler	Zeweil et al. (2016)

depan, semakin dibatasinya penggunaan antioksidan berbasis kimia sebagaimana telah diterapkan di negara-negara benua Eropa. Mikroalga *Chlorella vulgaris* dan *Spirulina platensis* yang diketahui kaya protein dan bahan-bahan fungsional/senyawa bioaktif (Sugiharto 2020) diharapkan dapat menjawab tantangan yang dihadapi peternak unggas sebagaimana diuraikan di atas. Dari sisi ekonomi, *Chlorella vulgaris* dan *Spirulina platensis* memiliki harga yang masih sangat mahal dilihat dari sudut peternakan ayam, karena kedua mikroalga tersebut masih “dikategorikan” sebagai suplemen untuk kesehatan manusia. *Chlorella vulgaris* dan *Spirulina platensis* juga sebagian besarnya masih diimpor dari luar negeri sehingga harganya masih sangat tinggi dan fluktuatif. Oleh karena itu, *Chlorella vulgaris* dan *Spirulina platensis* kurang menguntungkan sebagai sumber protein, namun lebih memungkinkan sebagai aditif pemacu pertumbuhan atau antioksidan untuk unggas di Indonesia. Namun, dilihat dari potensi dan efektivitasnya sebagai bahan pakan alternatif sumber protein dan aditif pakan untuk unggas, kedua jenis mikroalga tersebut sangat penting

untuk bisa dikembangkan dan dibudidayakan secara mandiri oleh bangsa Indonesia.

Dilihat dari potensinya, perairan Indonesia sangat cocok untuk pengembangan dan budidaya mikroalga. Mikroalga *Chlorella vulgaris* dan *Spirulina platensis* merupakan jenis mikroalga yang banyak ditemukan di perairan Indonesia, namun budidaya secara masif dan dalam skala ekonomis belum dilakukan (Purkan et al. 2019). Alasan pasti belum berkembangnya budidaya *Chlorella vulgaris* dan *Spirulina platensis* secara komersial di Indonesia tidak diketahui secara detail, namun permasalahan terkait tingginya biaya investasi dan terbatasnya penguasaan teknologi merupakan faktor yang dapat menjadi kendala pengembangan kedua mikroalga tersebut di Indonesia. Khusus untuk *Spirulina platensis*, selain dibudidayakan di laut, mikroalga ini juga telah dibudidayakan di perairan air tawar. Dalam hal nilai nutrisi dan fungsional, *Spirulina* yang dibudidayakan pada media air tawar memiliki kandungan protein yang lebih tinggi dan kandungan sodium yang lebih rendah sehingga sangat baik untuk unggas (Christwardana et al. 2013). Penelitian

Sugiharto et al. (2018) beberapa tahun lalu juga menggunakan *Spirulina platensis* yang berasal dari air tawar dan hasilnya mikroalga tersebut dengan sangat meyakinkan dapat menggantikan peran antibiotik pemacu pertumbuhan dalam pakan ayam broiler. Untuk ayam, mayoritas nutrisi menggunakan tepung ketimbang ekstrak mikroalga. Hal tersebut dilakukan dengan alasan praktis dan untuk mengurangi biaya pakan, karena proses ekstraksi memerlukan tambahan biaya. Dengan dilarangnya penggunaan antibiotik dalam pakan dan potensi pengembangan mikroalga yang sangat besar di perairan Indonesia (baik perairan laut maupun air tawar), maka mikroalga *Chlorella vulgaris* dan *Spirulina platensis* dapat menjadi “masa depan” imbuhan atau suplemen pakan untuk ternak unggas di Indonesia.

KESIMPULAN

⁶ Kandungan protein yang tinggi dan asam amino yang lengkap serta komponen aktif yang tinggi dalam mikroalga *Chlorella vulgaris* dan *Spirulina platensis* menjadikan kedua mikroalga tersebut memiliki potensi sebagai bahan pakan sumber protein dan sekaligus sebagai imbuhan pakan yang dapat menggantikan peran antibiotik dalam pakan dan antioksidan sintesis dan meningkatkan produktivitas unggas.

DAFTAR PUSTAKA

- Al-Dhabi NA. 2013. Heavy metal analysis in commercial Spirulina products for human consumption. *Saudi J Biol Sci*. 20:383-388.
- Abdelnour SA, El-Hack MEA, Arif IM, Khafaga AF, Taha AE. 2019. The application of the microalgae *Chlorella* spp. as a supplement in broiler feed. *World's Poultry Sci J*. 75:305-318.
- An BK, Kim KE, Jeon JY, Lee KW. 2016. Effect of dried *Chlorella vulgaris* and *Chlorella* growth factor on growth performance, meat qualities and humoral immune responses in broiler chickens. *SpringerPlus*. 5:718.
- Andrade LM, Andrade CJ, Dias M, Nascimento CAO, Mendes MA. 2018. *Chlorella* and *Spirulina* microalgae as sources of functional foods, nutraceuticals, and food supplements; an overview. *MOJ Food Process Technol*. 6:45-58.
- Balaji MH. 2013. *Spirulina*-small but a spectacular species. *Int J Drug Dev Res*. 5:76-82.
- Barkia I, Saari N, Manning SR. 2019. Microalgae for high-value products towards human health and nutrition. *Marine Drugs*. 17:304.
- Bellof G, Alarcón SC. 2013. Effect of *Spirulina platensis* in organic broiler production. *Arch Geflügelk*. 77:73-80.
- Bertoldi FC, Sant'Anna E, Oliveira JLB. 2008. Chlorophyll content and minerals profile in the microalgae *Chlorella vulgaris* cultivated in hydroponic wastewater. *Ciênc Rur Santa Maria*. 38:54-58.
- Bhalamurugan GL, Valerie O, Mark L. 2018. Valuable bioproducts obtained from microalgal biomass and their commercial applications: A review. *Environ Eng Res*. 23:229-241.
- Boiago MM, Dilkin JD, Kolm MA, Barreta M, Souza CF, Baldissera MD, dos Santos ID, Wagner R, Tavernari FC, da Silva MLB, Zampar A, Stivanin TE, Da Silva AS. 2019. *Spirulina platensis* in Japanese quail feeding alters fatty acid profiles and improves egg quality: Benefits to consumers. *J Food Biochem*. 43:e12860.
- Bold HC, Wynne MJ. 1985. Introduction to the algae. Structure and reproduction. Englewood Cliffs. New Jersey (USA): Prentice-Hall.
- Bonos E, Kasapidou E, Kargopoulos A, Karampampas A, Christaki E, Florou-Paneri P, Nikolakakis I. 2016. *Spirulina* as a functional ingredient in broiler chicken diets. *S Afr J Anim Sci*. 46:94-102.
- Brzychczyk, Kowalczyk Z, Gielzecki J. 2016. Evaluation of usefulness of the designed laboratory photobioreactor for microalgae cultivation in controlled conditions. *Agric Engineering*. 20:13-22.
- Choi H, Jung SK, Kim JS, Oh KB, Lee PY, Byun SJ. 2017. Effects of dietary recombinant *Chlorella* supplementation on growth performance, meat quality, blood characteristics, excreta microflora, and nutrient digestibility in broilers. *Poult Sci*. 96:710-716.
- Christwardana M, Nur MMA, Hadiyanto. 2013. *Spirulina platensis*: potensinya sebagai bahan pangan fungsional. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*. 2:1-4.
- Costa JAV, de Moraes MG. 2014. Chapter 1 - An Open Pond System for Microalgal Cultivation. In: *Biofuels from Algae*. p. 1-22. doi: 10.1016/B978-0-444-59558-4.00001-2.
- El-Abd NM, Hamouda RAE. 2017. Improved productivity and health of broiler chicken by micro green alga *Chlorella vulgaris*. *Asian J Poultry Sci*. 11:57-63.
- El-Bahr S, Shousha S, Shehab A, Khattab W, Ahmed-Farid O, Sabike I, El-Garhy O, Albokhadaim I, Albosadah K. 2020. Effect of dietary microalgae on growth performance, profiles of amino and fatty acids, antioxidant status, and meat quality of broiler chickens. *Animals*. 10:E761. doi: 10.3390/ani10050761.
- Elhady AA, El-Ghalid OAH. 2018. *Spirulina platensis* algae (SPA): A novel poultry feed additive Effect of SPA supplementation in broiler chicken diets on productive performance, lipid profile and calcium-phosphorus metabolism. VI Mediterranean Poultry Summit 18-20 June 2018, Torino, Italy.

- El-Sayed AEB, El-Sheekh MM. 2018. Outdoor cultivation of *Spirulina platensis* for mass production. *Not Sci Biol*. 10:38-44.
- Evans AM, Smith DL, Moritz JS. 2015. Effects of algae incorporation into broiler starter diet formulations on nutrient digestibility and 3 to 21 d bird performance. *J Appl Poult Res*. 24:206-214.
- Falquet J. 1997. The nutritional aspects of spirulina, antenna technologies [Internet]. [Diakses pada 27 Januari 2020]. Tersedia di: http://antenna.ch/en/documents/AspectNut_UK.pdf.
- Fathi MA, Namra MMM, Ragab MS, Aly MMM. 2018. Effect of dietary supplementation of algae meal (*Spirulina platensis*) as growth promoter on performance of broiler chickens. *Egypt Poult Sci*. 38:375-389.
- Gupta S, Gupta C, Prakash D (2017) Prebiotic efficiency of blue green algae on probiotics microorganisms. *J Microbiol Exp*. 4:00120.
- Gutiérrez-Salmeán G, Fabila-Castillo L, Chamorro-Cevallos G. 2015. Nutritional and toxicological aspects of *Spirulina (Arthrospira)*. *Nutr Hosp*. 32:34-40.
- Habib MAB, Parvin M, Huntington T, Hasan MR. 2008. A review on culture, production and use of spirulina as food for humans and feeds for domestic animals and fish. *FAO Fisheries and Agricultural Circular 1034*. Rome (Italy): Food and Agricultural Organization. p.33.
- Hajati H, Zaghari M, Oliveira HC. 2020. *Arthrospira (Spirulina) platensis* can be considered as a probiotic alternative to reduce heat stress in laying japanese quails. *Braz J Poult Sci*. 22:1-8.
- Hajati H, Zaghari M. 2019. Effects of *Spirulina platensis* on growth performance, carcass characteristics, egg traits and immunity response of japanese quails. *Iran J Appl Anim Sci*. 9:347-357.
- Han G, Yang H, Wang Y, Haraguchi S, Miyazaki T, Bungo T, Tashiro K, Furuse M, Chowdhury VS. 2019. L-Leucine increases the daily body temperature and affords thermotolerance in broiler chicks. *Asian-Australas J Anim Sci*. 32:842-848.
- Jamil ABMR, Akanda R, Rahman M, Hossain A, Islam S. 2015. Prebiotic competence of spirulina on the production performance of broiler chickens. *J Adv Vet Anim Res*. 2:304-309.
- Jiménez C, Cossio BR, Labella D, Niell FX. 2003. The Feasibility of industrial production of *Spirulina (Arthrospira)* in Southern Spain. *Aquaculture*. 217:179-190.
- Kang HK, Salim HM, Akter N, Kim DW, Kim JH, Bang HT, Kim MJ, Na JC, Hwangbo J, Choi HC, Suh OS. 2013. Effect of various forms of dietary *Chlorella* supplementation on growth performance, immune characteristics, and intestinal microflora population of broiler chickens. *J Appl Poult Res*. 22:100-108.
- Kent M, Welladsen HM, Mangott A, Li Y. 2015. Nutritional evaluation of australian microalgae as potential human health supplements. *PLoS ONE*. 10:e0118985.
- Kumari P, Nehra V, Lather D, Kundu P and Narang G. 2019. Effect of Spirulina on growth and bursal index of infectious bursal disease vaccinated chickens. *Haryana Vet*. 58:70-72.
- Kurniawan D, Christie CDY. 2020. The effect of *Morinda citrifolia* and *Arthrospira platensis* powder on the performance and quality of broiler duck carcasses. *JITV*. 25:40-44.
- Liestianty D, Rodianawati I, Arfah RA, Assa A, Patimah, Sundari, Muliadi. 2019. Nutritional analysis of *Spirulina sp* to promote as superfood candidate. *IOP Conf Ser: Mater Sci Eng*. 509:012031.
- Michael A, Kyewalyanga MS, Lugomela CV. 2019. Biomass and nutritive value of *Spirulina (Arthrospira fusiformis)* cultivated in a cost-effective medium. *Ann Microbiol*. 69:1387-1395.
- Mirzaie S, Sharifi SD, Zirak-Khattab F. 2020. 9. *J Appl Phycol*. doi: 10.1007/s10811-020-02093-5.
- Mirzaie S, Zirak-Khattab F, Hosseini SA, Donyaei-Darian H. 2018. Effects of dietary *Spirulina* on antioxidant status, lipid profile, immune response and performance characteristics of broiler chickens reared under high ambient temperature. *Asian Aust J Anim Sci*. 31:556-563.
- Nege AS, Masithah ED, Khotib J. 2020. Trends in the uses of *Spirulina microalga*: A mini-review. 12:149-166.
- Nicolaia A, Zittelli GC, Rodolfia L, Biondia N, Tredici MR. 2019. Microalgae of interest as food source: Biochemical composition and digestibility. *Algal Res*. 42:101617.
- Oh ST, Zheng L, Kwon HJ, Choo YK, Lee KW, Kang CW, An BK. 2015. Effects of dietary fermented *Chlorella vulgaris* (CBT®) on growth performance, relative organ weights, cecal microflora, tibia bone characteristics, and meat qualities in pekin ducks. *Asian-Australas J Anim Sci*. 28:95-101.
- Olubodun JO, Zulkifli I, Farjam AS, Hair-Bejo M, Kasim A. 2015. Glutamine and glutamic acid supplementation enhances performance of broiler chickens under the hot and humid tropical condition. *Ital J Anim Sci*. 14:3263.
- Park JH, Lee SI, Kim IH. 2018. Effect of dietary *Spirulina (Arthrospira) platensis* on the growth performance, antioxidant enzyme activity, nutrient digestibility, cecal microflora, excreta noxious gas emission, and breast meat quality of broiler chickens. *Poult Sci*. 97:2451-2459.
- Pestana JM, Puerta B, Santos H, Madeira MS, Aifaia CM, Lopes PA, Pinto RMA, Lemos JPC, Fontes CMGA, Lordelo MM, Prates JAM. 2020. Impact of dietary incorporation of *Spirulina (Arthrospira platensis)* and exogenous enzymes on broiler performance, carcass traits, and meat quality. *Poult Sci*. 99:2519-2532.

- Purkan P, Nidianti E, Abdulloh A, Safa A, Retnowati W, Soemarjati W, Nurlaila H, Kim SW. 2019. Biodiesel production by lipids from Indonesian strain of microalgae *Chlorella vulgaris*. *Open Chem.* 17:919-926.
- Rani K, Sandal N, Sahoo PK. 2018. A comprehensive review on chlorella- its composition, health benefits, market and regulatory scenario. *Pharma Innovat J.* 7:584-589.
- Ravishankar GA, Rao R. 2020. Handbook of algal technologies and phytochemicals. Volume I Food, health and nutraceutical applications. Boca Raton, Florida (USA): CRC Press. doi: 10.1201/9780429054242.
- Ru ITK, Sung YY, Jusoh M, Wahid MEA, Nagappan T. 2020. *Chlorella vulgaris*: a perspective on its potential for combining high biomass with high value bioproducts. *Appl Phycol.* 1:2-11.
- Rubel MdZU, Beg MdAH, Begum M, Patoary MdMU. 2019. Effect of dietary supplement of algae (*Spirulina platensis*) as an alternative to antibiotics on growth performance and health status of broiler chickens. *Int J Poultry Sci.* 18:576-584.
- Safi C, Zebib B, Merah O, Pontalier P, Vaca-Garcia C. 2014. Morphology, composition, production, processing and applications of *Chlorella vulgaris*: A review. *Renew Sustain Energy Rev.* 35:265-278.
- Sayadi MH, Rashki O, Shahri E. 2019. Application of modified *Spirulina platensis* and *Chlorella vulgaris* powder on the adsorption of heavy metals from aqueous solutions. *J Environ Chem Eng.* 7:103169.
- Seghiri R, Kharbach M, Essamri A. 2019. Functional composition, nutritional properties, and biological activities of Moroccan *Spirulina* microalga. *J Food Qual.* 2019:3707219. doi: 10.1155/2019/3707219.
- Seyidoglu N, Inan S, Aydin C. 2016. A prominent superfood: *Spirulina platensis*. In: Shiomi N, Waisundara VY, editors. Superfood and functional food, the development of superfoods and their roles as medicine. Chapter 1. doi: 10.5772/66118.
- Shams M, Haji-Aghababa A, Kardani-Esfahani SM, Amini NG. 2017. Industrial production of microalgae *Arthrospira (Spirulina) platensis* in the Central Iran. *Int J Pure App Biosci.* 5:31-36.
- Shanmugapriya B, Babu SS, Hariharan T, Sivaneswaran S, Anusha MB, Raja PU. 2015. Synergistic effect of *Spirulina platensis* on performance and gut microbial load of broiler chicks. *Indo-Asian J Multidiscipl Res.* 1:149-155.
- Sharmin F, Sarker NR, Sarker MSK. 2020. Effect of using *Moringa oleifera* and *Spirulina platensis* as feed additives on performance, meat composition and oxidative stability and fatty acid profiles in broiler chicken. *J Nutr Food Sci.* 10:772. doi: 10.35248/2155-9600.20.10.772.
- Sharoba AM. 2014. Nutritional value of spirulina and its use in the preparation of some complementary baby food formulas. *J Agroalimnt Processes Technol.* 20:330-350.
- Shinde SR, Patil RA, Padghan PV. 2018. Effect of *Spirulina* supplementation on growth performance of broilers. *J Pharmacog Phytochem.* 7:3265-3267.
- Sotiroudis TG, Sotiroudis GT. 2013. Health aspects of *Spirulina (Arthrospira)* microalga food supplement. *J Serb Chem Soc.* 78:395-405.
- Spolaore P, Joannis-Cassan C, Duran E, Isambert A. 2006. Commercial applications of microalgae. *J Biosci Bioeng.* 101:87-96.
- Sugiharto S, Henckel P, Lauridsen C. 2010. Fatty acids profile of meat, mucosal sIgA concentration and production index of broiler as a response to *Chlorella* sp. administration in the diet. *J Indones Trop Anim Agric.* 35:172-178.
- Sugiharto S, Lauridsen C. 2016. Dietary *Chlorella* supplementation effect on immune responses and growth performances of broiler chickens exposed to post hatch holding time. *Livest Res Rural Dev.* 28:7.
- Sugiharto S, Yudiarti T, Isroli I, Widiastuti E, Kusumanti E. 2017. Dietary supplementation of probiotics in poultry exposed to heat stress—a review. *Ann Anim Sci.* 17:591-604.
- Sugiharto S, Yudiarti T, Isroli I, Widiastuti E. 2018. Effect of feeding duration of *Spirulina platensis* on growth performance, haematological parameters, intestinal microbial population and carcass traits of broiler chicks. *S Afr J Anim Sci.* 48:98-107.
- Sugiharto S. 2020. Nutraceutical aspects of microalgae *Spirulina* and *Chlorella* on broiler chickens. *Livest Res Rural Dev.* 32:6.
- Ursu AV, Marcati A, Sayd T, Sante-Lhoutellier V, Djelveh G, Michaud P. 2014. Extraction, fractionation and functional properties of proteins from the microalgae *Chlorella vulgaris*. *Biores Technol.* 157:134-139.
- Vonshak A, Richmond A. 1988. Mass production of the blue-green alga *Spirulina*: an overview. *Biomass.* 15:233-247.
- Wang S, Khondowe P, Chen S, Yu J, Shu G, Zhu X, Wang L, Gao P, Xi Q, Zhang Y, Jiang Q. 2012. Effects of "Bioactive" amino acids leucine, glutamate, arginine and tryptophan on feed intake and mRNA expression of relative neuropeptides in broiler chicks. *J Anim Sci Biotechnol.* 3:27.
- Widayat, Philia J, Wibisono J. 2018. Cultivation of microalgae *Chlorella* sp on fresh water and waste water of tofu industry. *E3S Web of Conferences.* 31:04009.
- Yanuhar U, Caesar NR, Musa M. 2019. Identification of local isolate of microalgae *Chlorella vulgaris* using ribulose-1,5-bisphosphate carboxylase/oxygenase

- large subunit (rbcL) gene. IOP Conf Ser: Mater Sci Eng. 546:022038.
- Yulita E. 2015. Substitusi *Chlorella vulgaris* hasil isolasi dari limbah cair industri karet sebagai pakan ikan nila (*Oreochromis niloticus*). Jurnal Dinamika Penelitian Industri. 26:131-138.
- Yusuf MS, Hassan MA, Abdel-Daim MM, El Nabtiti AS, Ahmed AM, Moawed SA, El-Sayed AK, Cui H. 2016. Value added by *Spirulina platensis* in two different diets on growth performance, gut microbiota, and meat quality of Japanese quails. Vet World. 9:1287-1293.
- Zeweil H, Abaza IM, Zahran SM, Ahmed MH, AbouEla HM, Saad AA. 2016. Effect of *Spirulina platensis* as dietary supplement on some biological traits for chickens under heat stress condition. Asian J Biomed Pharm Sci. 6:8-12.
- Ziar-Larimi A, Rezaei M, Chashnidel Y, Zarei-Darki B, Farhadi A. 2018. Effect of different levels of *Chlorella vulgaris* microalgae extract on performance in heat-stressed broilers. Res Anim Prod. 8:20-29.

Chlorella vulgaris dan Spirulina platensis: Kandungan Nutrisi dan Senyawa Bioaktifnya untuk Meningkatkan Produktivitas Unggas

ORIGINALITY REPORT

10%

SIMILARITY INDEX

9%

INTERNET SOURCES

2%

PUBLICATIONS

1%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1

www.journaltocs.ac.uk

Internet Source

3%

2

dli.ejournal.unri.ac.id

Internet Source

1%

3

Onny Nurihayanti. "Pola Kemitraan Ayam Ras Pedaging Pola Kemitraan Ayam Ras Pedaging dan Pengaruh Karakteristik Peternak, Pendapatan serta Pelayanan Perusahaan terhadap Loyalitas Kerjasama (Studi di PT. Semesta Mitra Sejahtera, Kabupaten Tulungagung)", *Manajemen Agribisnis: Jurnal Agribisnis*, 2022

Publication

1%

4

www.slideshare.net

Internet Source

1%

5

repository.upi.edu

Internet Source

1%

6

zombiedoc.com

Internet Source

1%

7	repo.unand.ac.id	Internet Source	1%
8	docksci.com	Internet Source	1%
9	Asep Ridwanudin, Varian Fahmi, Idham Sumarto Pratama. "Growth of Spiny Lobster Panulirus homarus Fed with Moist Diet", Oseanologi dan Limnologi di Indonesia, 2018		1%
10	eprints.undip.ac.id	Internet Source	1%

Exclude quotes Off

Exclude matches < 1%

Exclude bibliography On