



Analisis Limbah Media Zarrouk Modifikasi yang Digunakan untuk Budidaya *Spirulina platensis* dan Analisis Kualitas Biomasanya sebagai Bahan Pangan Fungsional

*Analysis of Modified Zarrouk Waste Media Used for *Spirulina platensis* Cultivation and Analysis of its Biomass Quality as a Functional Foodstuff*

ADELA ARMELIA^{1*}, IRA NURHAYATI DJAROT², ARI KABUL PAMINTO², IFFAH NURFAIZ³, NUHA²,
TITIN HANDAYANI²

¹Biologi (Bioteknologi), Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Al-Azhar, Indonesia, Jl. Sisingamangaraja, Kebayoran Baru, Jakarta Selatan, 12110

²Pusat Riset Sistem Produksi Berkelanjutan dan Penilaian Daur Hidup, Badan Riset dan Inovasi Nasional, KST B.J Habiebie, Jl. Raya Serpong, Muncul, Kec. Setu, Kota Tangerang Selatan, Banten, 15314

³Teknik Lingkungan, Universitas Indonesia, Kampus Baru Depok, Jawa Barat, 16424

* adelarmelia10@gmail.com

ARTICLE INFO

Article history:

Received 27 February 2023

Accepted 9 June 2023

Published 31 July 2023

Keywords:

Cultivation media

Functional food ingredients

Prevent pollution

Quality analysis

Spirulina platensis

ABSTRACT

Food is a basic human need with nutritional value for the body's needs. Food in this modern era is growing rapidly, so consumers think of choosing food for their body needs and health effects. There is a world fact that most countries experience a food shortage crisis that causes the emergence of a disease, namely kwashiorkor, which experiences protein deficiency. This crisis can be solved by providing functional foods that contain high protein. One type of food that contains much high protein is *Spirulina platensis*. This microalga can be cultivated in media containing nutrients from inorganic fertilizers commonly used for plants. The purpose of this study was to analyze the waste of modified Zarrouk media and to analyze the quality of *Spirulina platensis* biomass as a functional food ingredient grown on the modified media. The stages of this research included collecting data on the production process of *Spirulina platensis*, sampling *Spirulina platensis* biomass, and analyzing the quality test of the biomass and *Spirulina platensis* media waste. Laboratory tests for biomass consist of metal contamination, dyes, bacterial contamination, and proximate (moisture content, ash content, crude fat, crude fiber, crude protein). In contrast, the lab tests for the media consist of media samples before and after being used for cultivation. The results of the *Spirulina platensis* biomass quality test showed that it met the requirements as a functional food ingredient, and the media waste was not harmful to the environment.

INFORMASI ARTIKEL

Histori artikel:

Diterima 27 Februari 2023

Disetujui 9 Juni 2023

Diterbitkan 31 Juli 2023

Kata kunci:

Analisis kualitas

Bahan pangan fungsional

Media kultivasi

Mencegah polusi

Spirulina platensis

ABSTRAK

Pangan di era modern ini semakin berkembang dengan cepat, sehingga konsumen memilih makanan tidak hanya untuk kebutuhan tubuh saja tetapi memberikan efek kesehatan. Adanya fakta dunia bahwa sebagian besar negara mengalami krisis kekurangan pangan hingga menyebabkan munculnya penyakit yaitu kwashiorkor, di mana mengalami kekurangan protein. Krisis ini bisa diselesaikan dengan cara memberikan makanan fungsional yang mengandung protein tinggi. Salah satu jenis makanan yang banyak mengandung protein tinggi yaitu mikroalga *Spirulina platensis*. Mikroalga ini dapat dibudidayakan pada media yang mengandung nutrisi dari pupuk anorganik yang biasa digunakan untuk tanaman. Tujuan penelitian ini untuk menganalisis limbah media Zarrouk modifikasi dan menganalisis kualitas biomassa *Spirulina platensis* sebagai bahan pangan fungsional yang dibudidayakan pada media modifikasi tersebut. Tahapan penelitian ini mencakup pengambilan data proses produksi *Spirulina platensis*, pengambilan sampel biomassa *Spirulina platensis*, dan menganalisis uji kualitas biomassa serta limbah media *Spirulina platensis*. Uji laboratorium untuk biomassa terdiri dari cemaran logam, zat warna, cemaran bakteri, dan proksimat (kadar air, kadar abu, lemak kasar, serat kasar dan protein kasar). Sedangkan uji lab untuk media terdiri dari sampel media sebelum dan setelah digunakan budidaya. Hasil uji kualitas biomassa *Spirulina platensis* tersebut menunjukkan syarat sebagai bahan pangan fungsional, limbah media yang digunakan untuk produksi biomassa tidak berdampak pada lingkungan.

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pangan merupakan makanan untuk pemeliharaan tubuh manusia yang memiliki nilai gizi (nutrisi) dan mempunyai cita rasa yang lezat. Nutrisi sangat penting dalam tubuh kita, selain untuk energi, tetapi juga berfungsi sebagai pertumbuhan badan, memelihara jaringan tubuh, dan mengatur metabolisme dalam tubuh. Sedangkan pangan fungsional yaitu makanan yang bukan hanya sekedar untuk dasar tubuh saja, melainkan mempunyai peran penting untuk kesehatan. Definisi bahan pangan fungsional di Indonesia berdasarkan Badan Pengawas Obat dan Makanan (BPOM) yaitu bahan pangan yang alami dengan memiliki lebih dari satu senyawa kandungan berdasarkan kajian ilmiah karena memiliki manfaat bagi kesehatan, dan layak dikonsumsi pada makanan atau minuman dengan karakteristik sensori berupa penampakan warna, tekstur, dan cita-rasa yang dapat diterima oleh konsumen (Widyaningsih *et al.*, 2017).

Saat ini kebutuhan konsumen akan makanan fungsional berkembang dengan cepat. Sebagian besar konsumen beranggapan bahwa makanan yang mereka makan dapat memberikan efek yang baik untuk mereka (Widyaningsih *et al.*, 2017). Di era modern, makanan tidak hanya digunakan sebagai sumber energi serta gizi, tetapi juga dapat memberikan sistem kekebalan bagi tubuh yang disebabkan oleh deplesi nutrisi dan juga dapat meningkatkan sistem antibodi (El-Shall *et al.*, 2023), sehingga disebut sebagai makanan fungsional.

Fakta menunjukkan bahwa dunia sedang mengalami masa krisis, banyaknya penduduk yang terlantar akibat kekurangan bahan pangan. Sebagian besar orang di negara berkembang dilaporkan berada dalam status kelaparan yang disebabkan oleh kekurangan sumber dan akses untuk mineral, protein, vitamin, dan makanan gizi. Kekurangan protein dalam tubuh menyebabkan penyakit kwasiorkor. Penyakit ini ditandai dengan pengecilan otot, perubahan mental, infeksi, anemia, diare, serta gangguan pada kulit (Christwardana *et al.*, 2013). Krisis perekonomian yang berimbas pada krisis pangan, telah menyebabkan terjadi kelangkaan yang berakibat meningkatnya harga beberapa jenis bahan pangan di pasaran. Kondisi yang sangat memprihatinkan seperti ini terutama sekali akan dirasakan langsung oleh masyarakat kelas menengah ke bawah.

Undang-undang No. 39 tahun 1999 telah menegaskan bahwa pemenuhan kebutuhan pangan termasuk di antara hak-hak dasar manusia. Selain itu, kecukupan pangan dan gizi merupakan basis dari pembentukan Sumber Daya Manusia (SDM) yang berkualitas, yaitu SDM yang memiliki fisik yang tangguh, mental yang kuat, kesehatan yang prima, serta cerdas (Bappenas, 2007). Namun kenyataan yang ada justru sebaliknya, peningkatan jumlah balita dengan gizi buruk serta penyakit yang disebabkan kekurangan gizi saat ini justru semakin merebak di berbagai daerah. Secara perlahan kekurangan gizi akan berdampak pada tingginya angka kematian ibu, bayi, dan balita, serta rendahnya umur harapan hidup. Selain itu, dampak kekurangan gizi terlihat juga pada rendahnya partisipasi sekolah, rendahnya pendidikan, serta lambat pertumbuhannya ekonomi.

Krisis ini bisa diselesaikan dengan memberikan makanan fungsional yang mengandung protein tinggi.

Makanan protein tinggi diantaranya telur, daging, dan protein sel tunggal. Salah satu makanan protein tinggi adalah bahan pangan yang terbuat dari mikroalga *Spirulina platensis*. Mikroalga ini tidak hanya bertindak sebagai sumber protein sel tunggal, tetapi juga memberikan beberapa manfaat lainnya antara lain sumber karotenoid, klorofil, serta sumber mikronutrien (Christwardana *et al.*, 2013).

Mikroalga di Indonesia mempunyai sekitar 200.000-800.000 spesies yang ditemukan, 35.000 spesies sudah diidentifikasi (Hadiyanto & Azim, 2012). Mikroalga termasuk mikroorganisme uniseluler atau multiseluler yang memiliki banyak jenis, ukuran dan bentuk, mempunyai pigmen, dan merupakan *fotoautotrof* (Dayana *et al.*, 2022). Mikroalga dapat tumbuh dengan cepat dan baik pada lingkungan perairan garam atau air tawar (Yanuhar, 2016).

Kegunaan mikroalga banyak digunakan di bidang industri tergantung jenis dan bentuk dari mikroalga tersebut. Salah satu jenis mikroalga yang sudah digunakan dalam bidang industri terutama di bidang bahan pangan yaitu jenis mikroalga *Spirulina platensis* mempunyai kandungan nutrisi yang tinggi yaitu protein, dan nutrisi lainnya seperti lemak, karbohidrat, antioksidan, dan vitamin (Firdaus *et al.*, 2011). Selain itu, *Spirulina platensis* termasuk mikroalga yang sudah diidentifikasi oleh para ilmuwan, spesies ini hidup sebagai produsen, menghasilkan fotosintesis (Fithria *et al.*, 2022), termasuk golongan alga hijau-biru berfilamen (Cyanobacteria atau Cyanophyceae), memiliki klorofil, dan pertumbuhan yang optimal pada *Spirulina platensis* yaitu berada di kisaran pH 8,5-11, dengan salinitas 15-20 ppt (Widawati *et al.*, 2022).

Parameter untuk mengetahui kualitas *Spirulina platensis* yaitu uji proksimat, uji logam berat, uji cemaran bakteri, dan uji beta karoten. Salah satu upaya untuk mengetahui uji kualitas pada *Spirulina platensis*, menggunakan parameter sesuai dengan Peraturan Badan POM yaitu Standar Nasional Indonesia (SNI) dan standar keamanan pangan. Keamanan pangan merupakan mencegah pangan dari adanya cemaran biologis, kimia, dan lainnya yang bisa menghambat, merugikan kesehatan manusia. Produk pangan dikatakan aman itu tidak mengandung mikroba patogen yang menyebabkan gangguan kesehatan tubuh manusia (Widyartini, 2020). Menurut Setiawan *et al.* (2014), kualitas *Spirulina platensis* menghasilkan kandungan gizi yang cukup baik, oleh karena itu perlu penelitian lebih lanjut proses dan manfaat *Spirulina platensis* sebagai bahan pangan fungsional.

Budidaya *Spirulina platensis* dapat dilakukan menggunakan media dengan nutrisi dari pupuk anorganik yang biasa digunakan untuk tanaman seperti urea dan TSP. Pupuk urea adalah pupuk anorganik yang tinggi kandungan nitrogen (N). Diketahui pupuk urea mengandung nitrogen sebanyak 45 hingga 46%. Karena kaya nitrogen, maka pupuk ini menjadi input penting dalam budi daya tanaman. Unsur hara tersebut berguna dalam pembentukan daun, sehingga secara tidak langsung pupuk ini memiliki peran penting dalam fotosintesis tanaman. Meskipun bermanfaat untuk tanaman, namun aplikasi pupuk urea berlebih akan menyebabkan beberapa efek negatif untuk tanaman maupun lingkungan. Sisa media budidaya *Spirulina platensis* merupakan air limbah yang dibuang di sekitar area. Maka perlu diketahui apakah air limbah media tersebut masih membahayakan bagi lingkungan. Selain itu perlu diketahui

kualitas biomasa *Spirulina platensis* yang dibudidayakan menggunakan pupuk anorganik.

1.2 Tujuan

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis limbah media Zarrouk modifikasi dan menganalisis kualitas biomasa *Spirulina platensis* sebagai bahan pangan fungsional yang dibudidayakan pada media modifikasi tersebut.

2. METODOLOGI

2.1 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu untuk pengambilan sampel biomassa *Spirulina platensis* di PT X. Sampel terdiri dari cairan media dari kolam budidaya volume 9.000 m³, biomasa basah dan kering. Sampel cair ditempatkan pada botol - botol plastik volume 1 L, sedangkan sampel biomasa basah dan kering ditempatkan pada kantong plastik. Sampel tersebut kemudian dilakukan uji di laboratorium. Alat-alat yang digunakan untuk analisis uji pada biomassa *Spirulina platensis* yaitu terdiri dari tabung reaksi, desikator, gelas cawan, oven, *auto-digestor*, tanur, timbangan, *soxhlet*, *cold extraction*, *raw fiber extractor*, spatula, tang gelas kimia, alat seperangkat analisis spektromi serapan atom (SSA), lampu katoda (Fe, Ni, Cu, Mn, Cd, Cr, Pb, Co, Zn, Mg) dan gelas beaker. Sedangkan bahan yang digunakan yaitu larutan unsur Fe, Ni, Cu, Mn, Cd, Cr, Pb, Co, Zn, Mg, larutan aseton, larutan H₂SO₄ encer, Aquades panas, larutan NaOH, tablet kjeltab, H₂SO₄ pekat, sampel biomassa kering, dan biomassa cair *Spirulina platensis*.

2.2 Prosedur Penelitian

2.2.1 Pembuatan Media Zarrouk

Media budidaya *Spirulina platensis* yang digunakan adalah modifikasi media Zarrouk (MZ) dengan komposisi perbedaan dengan media Zarrouk (MZ) standar disajikan pada Tabel 1. Media dibuat sesuai dengan volume kolam kultur yang telah disediakan yaitu 10 m³. Media digunakan untuk budidaya selama 30 hari. Setelah itu media tidak digunakan lagi karena kandungan nutrisinya sudah menurun dan mengandung kontaminan mikroalga lain, maka dibuang ke area sekitar produksi. Sampel media diambil untuk dianalisis kandungan COD, BOD, N, P, dan logam berat. Sampel tersebut diambil dari media sebelum digunakan dan setelah digunakan untuk budidaya.

Tabel 1. Komposisi media Zarrouk Standar dan modifikasi (Sumber : PT. X).

Komposisi	MZ Standar (g/L)	MZ Modifikasi (g/L)
NaCl	1,0	3,0
CaCl ₂ .2H ₂ O	0,04	-
KNO ₃	-	-
NaNO ₃	2,5	-
FeSO ₄ .7H ₂ O	0,01	-
Na EDTA	0,08	-
K ₂ SO ₄	1,0	-
MgSO ₄ .7H ₂ O	0,2	-
NaHCO ₃ (Soda kue)	16,8	15
(NH ₂) ₂ CO (Urea)	-	0,5
TSP	-	0,2

Komposisi	MZ Standar (g/L)	MZ Modifikasi (g/L)
NaOH (Soda api)		0,01
CaMg(CO ₃) ₂ (Dolomit)	-	0,2
Micronutrient:	1 ml	-
pH	9	9

2.2.2 Pengambilan Data

Pengambilan data pada penelitian ini menggunakan metode deskriptif kuantitatif. Metode ini merupakan metode yang mendeskripsikan fenomena yang ada di lapangan, mengenai karakteristik dan kualitas. Data yang digunakan pada penelitian ini yaitu data primer dan sekunder. Data primer didapatkan melalui observasi, wawancara mengenai proses biomassa *Spirulina platensis* dan teknik uji kualitas *Spirulina platensis*. Data sekunder dilakukan dengan membaca berbagai literatur yang relevan.

2.2.3 Pemanenan Biomassa *Spirulina platensis*

Pemanenan pertama biomassa dilakukan 10-15 hari setelah inokulasi bibit ke dalam kolam budidaya dan panen kedua dilakukan 10-15 hari setelah panen pertama. Sampel yang diambil mulai dari melakukan penyaringan hasil panen sampai tahap pengeringan.

- Penyaringan sampel dari kolam kultur menggunakan kain nilon, serokan, pengepresan, dan ember. Setelah disaring, dilakukan pengepresan dengan alat penekan.
- Selanjutnya biomassa dibentuk menyerupai mie untuk di oven selama 4 jam dengan suhu 70°C.
- Setelah biomasa kering, kemudian dihaluskan hingga menjadi tepung/bubuk dan ditempatkan pada tempat yang telah disediakan.

2.2.4 Analisa Kualitas *Spirulina platensis*

Uji kualitas *Spirulina platensis* menggunakan layanan ELSA BRIN melalui web <https://elsa.brin.go.id/>. Layanan yang menyediakan pengujian ini menggunakan persyaratan SNI ISO/IEC17025:2017, SNI ISO/IEC17020:2012, SNI ISO/IEC17065:2012, dan lain-lain sesuai dengan peraturan dan standar yang berlaku dan dioperasikan laboratorium secara konsisten. Uji lainnya menggunakan sesuai standar yang ditentukan oleh fasilitas laboratorium di PT. Saraswanti Indo Genetech, Bogor.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Proses Budidaya *Spirulina platensis*

Proses budidaya *Spirulina plantesis* di PT. X, terdapat tiga tahapan yang dilakukan, yaitu pembibitan, budidaya dan pemanenan, dan pengeringan. Proses budidaya yang dilakukan di PT. X, menggunakan media zarrouk pada *open pond* terkontrol dan dilaksanakan pada musim kemarau dengan suhu rata-rata 36°C. Kolam yang digunakan berukuran 2,1 x 7,5 x 0,8 m atau setara dengan 12.000 L, volume air yang digunakan untuk proses budidaya ialah 2 x 7,5 x 0,6 m atau setara dengan 9.000 L.

Proses pembibitan dan budidaya, nutrisi yang dibutuhkan untuk 2 wadah pembibitan (150 L/wadah) dan 1 kolam budidaya dan pemanenan. Proses pembibitan

tinggi akan terjadinya oksidasi dan rusak (Hanani *et al.*, 2020). Beta karoten dimanfaatkan sebagai pangan untuk diet karena, jika mengkonsumsi yang kaya beta karoten dapat menurunkan penyakit jantung dan kanker paru-paru. Beta-karoten ini sudah digunakan pada tahun 1975 di Amerika Serikat untuk mengobati fotosensitifitas pada orang dewasa yang mengidap erythropoietic (Nururrahmah & Widiarnu, 2013).

Tabel 2. Hasil uji kualitas *Spirulina platensis*.

Parameter	Satuan	BPOM No.32/2019	SNI 01-2886/2015	Hasil
Pb	ppm	≤10	maks. 0,25	<IDL
Cu	ppm	-	-	0,1780
Mn	ppm	-	-	0,0120
Ni	ppm	-	-	<IDL
Zn	ppm	-	-	0,0523
Cr	ppm	-	-	0,4870
Co	ppm	-	-	0,2700
Cd	ppm	≤0,3	< 0,2	0,1290
Fe	ppm	-	-	<IDL
Beta- Karoten	µg/kg	-	-	312,46
Koliform	MPN/g	-	-	0
<i>Escherichia coli</i>	MPN/g	≤10	<3	0
<i>Salmonella</i> sp.	/25g	Negatif	Negatif	Negatif
Klorofil dihitung sebagai tembaga	mg/kg	-	-	Not detected
Angka Lempeng Total (ALT)	colony/g	≤ 10 ⁵	≤ 10 ⁴	4,1x10 ²
Kadar air	%	≤ 10	≤ 4	7,93
lemak kasar	%	-	≤ 38	1,57
Kadar abu	%	-	≤ 0,1	69,97
Protein Kasar	%	-	-	39,57
Serat kasar	%	-	-	13,1

(Sumber: Penulis)

Ket = <IDL : dibawah konsentrasi pada alat (tidak terbaca)
 Cemaran Fe = 0,0022, Cemaran Pb = 0,033, Cemaran Ni = 0,0099

Analisis cemaran bakteri terdiri dari angka lempeng total, coliform, *Escherichia coli*, *Salmonella* sp. Berdasarkan Tabel 2, hasil angka lempeng total (ALT) yaitu 4,1x10², menunjukkan bahwa pangan ini aman untuk dikonsumsi. Berdasarkan syarat di atas angka lempeng total kurang dari ≤ 10⁵ dan ≤ 10⁴ merupakan batas maksimal jumlah ALT pada pangan dan obat. ALT bertujuan untuk mengetahui kualitas, masa simpan produk pangan, dan status higienis (Direktorat Standardisasi Produk Pangan, 2012). Selanjutnya pada cemaran koliform dengan hasil yang didapatkan yaitu 0 MPN/g. koliform merupakan bakteri yang dijadikan sebagai indikator pada suatu sumber air yang sudah terkontaminasi atau tidaknya, bakteri ini dapat tumbuh pada suhu penyimpanan sekitar 7 hingga 60°C (Putri & Kurnia, 2018). Berdasarkan hasil di atas, bahwa *Spirulina platensis* tidak terdeteksi adanya koliform di dalam proses pembuatan biomassa mikroalga ini. Cemaran bakteri *E. coli* dengan hasil yang didapat yaitu 0 MPN/g. *E. coli* merupakan bakteri yang

dapat ditemukan di lingkungan tercemar. Penyakit yang disebabkan adanya bakteri *E. coli* yaitu penyakit gangguan pencernaan atau diare (Saridewi, et al., 2016). Berdasarkan hasil tabel di atas, bahwa *E. coli* pada *S.platensis*, memiliki hasil 0 MPN/g. Sedangkan untuk syarat ketentuan dari BPOM Nomor 32 Tahun 2019 itu ≤10, dan untuk syarat ketentuan berdasarkan SNI 01- 2886-2015 yaitu <3, dapat disimpulkan bahwa bakteri *E.coli* di *Spirulina plantesis* tidak ada terjadinya kontaminan dan produk pangan aman untuk dikonsumsi.

Cemaran bakteri *Salmonella* sp. merupakan bakteri yang memiliki bentuk batang dengan ukuran 1 µm -3,5 µm, motil, tidak berspora, dan termasuk gram negatif. *Salmonella* sp. dikenal sebagai agen *zoonotic*, dapat bertumbuh di lingkungan aerob dan fakultatif anaerob dengan suhu optimal 37°C, pH pertumbuhan 6-8. Bakteri ini bertahan di air selama 4 minggu, dan habitat utamanya di saluran usus halus hewan dan manusia. Bakteri ini juga dapat menyebabkan *foodborne disease*, atau adanya bakteri ini di dalam makanan di mana *Salmonella* sp dianggap dapat membahayakan Kesehatan (Direktorat Standardisasi Produk Pangan, 2012). Berdasarkan hasil pada Tabel 2 diatas uji cemaran bakteri salmonella sp. yaitu dengan hasil negatif dan bakteri ini sesuai standar dari BPOM Nomor 32 Tahun 2019 dan SNI 01-2886- 2015, produk pangan aman dikonsumsi.

Analisa proksimat merupakan Analisa yang penting dalam pangan karena untuk mengetahui kandungan nutrisi yang terdiri dari protein kasar, lemak kasar, kadar air, kadar abu, dan serat kasar. Hasil analisis pada kandungan air ini memiliki kandungan sebesar 7,93%. Beberapa studi yang telah dilakukan oleh peneliti lain untuk hasil analisis kadar air dengan kandungan yang berbeda beda yaitu 9,39% (Lebeharia, 2016), dan 9,80 % (Setiawan *et al.*, 2014), karena ada beberapa faktor di mana kadar airnya berbeda dari satu sama lain yaitu jenis media pertumbuhan, komposisi medianya berbeda walaupun satu jenis media yang sama (Lebeharia, 2016). Kadar air sangat penting dalam kualitas pada pangan, karena air dapat mempengaruhi tekstur dan cita rasa pada makanan. Selain itu, hubungan kadar air dan bahan pangan yaitu sebagai pengukur kestabilan terutama pada penyimpanan. Jenis bahan pangan kering ini jenis bahan yang awet, karena kadar air dikurangi sesuai dengan syarat tertentu. Jika dalam suatu bahan pangan muncul mikroba, seperti kapang, bakteri, itu menyebabkan kadar air dalam bahan pangan tinggi, karena kadar air tinggi tersebut dijadikan tempat pertumbuhan organisme mikroba. Maka dari itu, untuk menghindari adanya sebuah mikroba dalam bahan pangan, perlu mengurangi kadar air sesuai syarat mutu bahan pangan agar dapat memperpanjang daya simpan tersebut (Fikriyah & Nasution, 2021).

Berdasarkan hasil di Tabel 2 kadar air memenuhi syarat peraturan keamanan pangan yaitu BPOM No 32 tahun 2019 mengenai keamanan mutu dan obat tradisional, tetapi tidak memenuhi syarat mutu di peraturan SNI 01-2886-2015 mengenai keamanan makanan ringan ekstrudat, karena hasil kadar air tersebut lebih dari syarat mutu yaitu ≤ 4. Hubungan menghitung kadar air dan pengovenan bahan pangan dengan suhu 105°C yaitu salah satu metode pengeringan yang sering dipakai disebut metode thermogravimetri. Metode ini dengan cara suatu sampel dioven dengan suhu 105°C selama 3 jam (Daud *et al.*, 2020).

Selanjutnya, analisis kadar abu *S.platensis* dengan hasil 69,97%. Kadar abu ini ada hubungannya dengan mineral. Mineral merupakan zat anorganik dan organik dalam suatu pangan (Soekendarsi & Erviani, 2019). Hasil kadar abu ini sangat tidak memenuhi syarat karena melebihi batas standar yaitu $\leq 0,1$. Hal yang sama juga dikemukakan oleh para peneliti lain (Lebeharia, 2016) dan (Direktorat Standardisasi Produk Pangan, 2012) menyebutkan hasil analisis kadar abu yang didapatkan antara lain 11,7 dan 13,55%. Faktor yang mempengaruhi kadar abu tinggi yaitu tahap pengeringan, semakin lama waktu pengeringan pada bahan maka jumlah air yang teruapkan maka akan semakin besar, cara pengabuan, jenis bahan yang digunakan, dan suhu (Erni et al., 2018).

Hasil pengujian menunjukkan bahwa *Spirulina platensis* memiliki kadar lemak yaitu 1,57%. *Spirulina platensis* memiliki kandungan nutrisi salah satunya yaitu lemak sebesar 6-8% (Komariah et al., 2022). Kandungan lemak hasil analisis peneliti lain (Afriani & Setyaningsih, 2018) sangat rendah dan juga berdasarkan syarat mutu di peraturan SNI 01-2886-2015 dengan bobot $\leq 38\%$. Jadi, *Spirulina platensis* aman dikonsumsi karena sesuai syarat uji mutu tersebut walaupun sangat rendah hasilnya. Hasil kadar lemak rendah ada satu kemungkinan yaitu mikroalga ini kurang menangkap banyak cahaya dengan intensitas 2000-5000 Lux pada saat kultivasi, karena efek mendapatkan pencahayaan itu bisa melakukan pertumbuhan dengan maksimal dan energi cahaya tersebut menjadi energi biokimia yang tersimpan dalam bentuk salah satunya lemak (Afriani et al., 2018).

Uji proksimat lainnya yaitu protein kasar dengan menghasilkan kadar protein sebesar 39,57%. Protein merupakan salah satu kandungan nutrisi di mikroalga *Spirulina platensis* yang kandungannya tersebut paling tinggi daripada kandungan nutrisi bahan pangan lainnya (Komariah et al., 2022). Maka dari itu, *Spirulina platensis* memiliki potensi besar sebagai bahan pangan fungsional, karena salah satu syarat bahan pangan fungsional merupakan memiliki nilai gizi yang tinggi dan juga bermanfaat untuk kesehatan (Widyaningsih et al., 2017). Hal yang sama dilakukan oleh peneliti lain (Lebeharia, 2016) menghasilkan protein sebesar 58,31%.

Hasil pengujian pada kadar serat kasar yaitu menghasilkan sebesar 13,10%. Serat kasar merupakan serat pangan yang tidak larut dalam asam dan basa, yang digunakan untuk kadar serat yaitu asam sulfat dan natrium hidroksida. Tujuan penambahan asam sulfat sebesar 0,255 N (1,25%) yaitu untuk melarutkan zat lain yang bisa larut dalam asam, sedangkan tujuan penambahan natrium hidroksida 1,25% yaitu untuk melarutkan zat yang larut dalam basa. Tujuan penambahan akuades dalam pengujian kadar serat yaitu untuk menghilangkan kelebihan natrium hidroksida dalam residu. Serat kasar yaitu serat yang tidak bisa dicerna, dan tidak mempunyai nilai gizi, tetapi sangat penting dalam tubuh. Serat kasar memiliki komponen yaitu selulosa, pentose, dan lignin. Serat mempunyai peran bagi tubuh salah satunya yaitu dapat mempermudah dalam pencernaan menjadi lancar. Jika dalam tubuh kekurangan serat maka bisa mendatangkan sebuah penyakit yaitu batu ginjal, penyakit jantung coroner, dan hemoroid (Tuapattinaya, 2016).

3.3 Hasil Analiss Limbah Media Modifikasi *Spirulina platensis*

Limbah media budidaya dianalisis kandungan N, P, dan logam beratnya. Hasilnya menunjukkan angka yang berada di bawah ambang batas menurut Peraturan Kementerian LH No. 5 Tahun 2014 tentang baku mutu air limbah. Tabel 3 adalah hasil analisis media sebelum dan setelah digunakan untuk budidaya *Spirulina platensis*. Kandungan N dan P setelah digunakan untuk budidaya menunjukkan penurunan yang tidak membahayakan lingkungan. Kandungan N dan P tersebut masih dapat digunakan untuk pupuk tanaman di sekitar tempat budidaya.

Tabel 3. Kandungan air media sebelum dan setelah digunakan budidaya *Spirulina platensis*.

Parameter	Sebelum budidaya (mg/L)	Setelah budidaya (mg/L)	Baku mutu (mg/L)
Suhu	26° C	26° C	38°C
COD	< 100	< 100	100
BOD	< 50	< 50	50
Total N	50	36,3	60
Total P	10,9	5,1	-
Pb	-	-	0,1
Cu	0,08	0,01	2
Mn	1,81	0,18	2
Ni	-	-	0,2
Zn	0,22	0,05	5
Cr	-	-	0,5
Co	0,01	0,3	0,4
Cd	-	-	0,05
Fe	0,01	-	5
pH	9	9	9

Media modifikasi telah dilaporkan juga oleh Bandara & Arunakumara (2020), bahwa 100% karbon pada media Zarrouk dapat digantikan oleh tepung talas dan 50% karbon dapat digantikan oleh tepung singkong. Berat kering yang jauh lebih tinggi (1,033 g/L) tercatat dari tepung talas pada tingkat penggantian 100% pada akhir inkubasi 16 hari. Oleh karena itu NaHCO_3 dan Na_2CO_3 dalam media Zarrouk sepenuhnya dapat digantikan oleh larutan tepung talas yang secara substansial mengurangi biaya produksi serta tidak mencemari lingkungan.

Kondisi kultur optimum pertumbuhan *Spirulina platensis* menggunakan medium yang berbeda yaitu, medium Zarrouk, medium BG11, medium Conway, medium F/2, dan air laut telah dilaporkan oleh Dineshkumar et al. (2016). Hasilnya disimpulkan bahwa air laut yang diperkaya dengan NaHCO_3 dan NaNO_3 menunjukkan tidak berbeda terhadap pertumbuhan *Spirulina platensis*. Hasil penelitian ini dapat dipertimbangkan untuk membudidayakan *Spirulina platensis* secara komersil dengan menggunakan media alami yaitu air laut.

NPK dalam media Zarrouk menunjukkan produktivitas biomassa *Spirulina platensis* tertinggi. Media tersebut juga menunjukkan konversi karbon tertinggi. Oleh karena itu disimpulkan bahwa pertumbuhan *Spirulina platensis* dalam BICCAPS (*Carbon Capture and Algae Production System*) paling baik diterapkan untuk Modifikasi Zarrouk yang ditambah NPK adalah solusi sebagai alternatif yang hemat biaya (Batac et al.,2020).

4. KESIMPULAN

Uji kualitas *Spirulina platensis* menunjukkan kadar protein yang cukup tinggi 39,57%, serat kasar 13,10%, kadar air memenuhi syarat keamanan mutu yaitu dengan hasil 7,93 %, kadar abu tidak memenuhi syarat keamanan mutu dengan hasil 69,97%, dan lemak kasar memenuhi syarat keamanan mutu dengan hasil yang rendah sebesar 1,57%. Analisis cemaran logam berat sesuai standar keamanan mutu terdiri dari unsur Pb, Cd, memiliki hasil yaitu Cd 0,1290 ppm dan logam Pb tidak terbaca hasilnya karena dibawah *Instrument Detection Limit* (IDL) atau limit deteksi pada alat. Cemaran logam Cu menggunakan syarat mutu pada tepung yaitu SNI nomor 01- 3751-2006, hasilnya sesuai syarat standar yaitu di bawah 1 mg/kg dengan hasil 0,1780 ppm. Beta karoten dengan hasil 312,46 µg/kg, klorofil tidak terdeteksi. Analisa cemaran mikrobiologis terdiri dari angka lempeng total $4,1 \times 10^2$ koloni/g sesuai standar keamanan pangan, *E. coli* dan koliform sesuai syarat standar keamanan pangan dengan hasil 0 MPN/g, *Salmonella* sp. sesuai syarat standar keamanan pangan dengan hasil negatif.

Penggunaan pupuk anorganik urea dan TSP serta dolomit, soda kue, dan soda api untuk budidaya *Spirulina platensis* menghasilkan limbah yang tidak membahayakan bagi lingkungan. Kadar N dan P limbah media masih dapat digunakan untuk pupuk tanaman.

PERSANTUNAN

Terima kasih kepada Kepala Pusat Riset Sistem Produksi Berkelanjutan dan Penilaian Daur Hidup (PR SPBPDH)-Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN). Kepada Ibu Titin Handayani, Bapak Ari Kabul Paminto, Ibu Ira Nurhayati Djarot dan Iffah NurFaiz yang telah membimbing, memberi arahan, saran dan masukan kepada penulis.

DAFTAR PUSTAKA

- Afriani, S., Uju & Setyaningsih, I. (2018). Komposisi kimia *Spirulina platensis* yang dikultivasi dalam fotobioreaktor dengan fotoperiode berbeda. *JPHPI*, 21(3), 471-479.
- Bandara, J.M.B.M.G. & Arunakumara, K.K.I.U. (2020). Development of Low-Cost Growing Media for *Spirulina* using Alternative Carbon Sources. *Journal of Science*, 23(1), 41-47.
- BPOM. (2019). Peraturan Badan Pengawas Obat dan Makanan Nomor 32 Tahun 2019 tentang persyaratan keamanan dan mutu obat tradisional. Available at: <https://bbpom-yogya.pom.go.id> [accessed: 26 12 2022].
- BSN. (2015). SNI 2886:2015 Tentang makanan ringan ekstrudat.
- Batac, C.P.C., Gathercole, N.S., Maravilla, A.K.F. & Beltran, A.B. (2020). Evaluation of *Spirulina platensis* in BicarbonateBased Integrated Carbon Capture and Algae Production System Utilizing Different Culture Media. *AJChE*, 20(1), 77 – 87.
- Christwardana, M., Nur, M. & Hadiyanto. (2013). *Spirulina platensis*: Potensinya sebagai bahan pangan fungsional. *Indonesian Food Technologist Community*, 2(1), 1-4.
- Daud, A., Suriati & Nuzulyanti. (2020). Kajian penerapan faktor yang mempengaruhi akurasi penentuan kadar air metode thermogravimetri. *LUTJANUS*, 24(2), 11-16.
- Dayana, M. E., Singkam, A. R. & Jumiarni, D. (2022). Keanekaragaman mikroalga sebagai bioindikator di perairan sungai. *BIOEDUSAINS: Jurnal Pendidikan Biologi dan Sains*, 5(1), 77-84.
- Dineshkumar, R., Sampathkumar, P. & Rajendran, N. (2016). Cultivation of *Spirulina platensis* in different selective media. *Indian Journal of Geo Marine Sciences*, 45(12), 1749-1754.
- Direktorat Standardisasi Produk Pangan. (2012). Pedoman kriteria cemaran pada pangan siap saji dan pangan industri rumah tangga. Jakarta: Direktorat Standardisasi Produk Pangan, Deputi Bidang Pengawasan Keamanan Pangan dan Bahan Berbahaya, *Badan Pengawas Obat dan Makanan RI*.
- El-Shall, N.A, Jiang, S., Farag, M.R., Azzam, M., Abdulaziz A., Al-Abdullatif, Alhotan, R., Dhama, K., Hassan, F. & Alagawany., M. (2023). Potential of *Spirulina platensis* as a feed supplement for poultry to enhance growth performance and immune modulation. *Front. Immunol. Sec. Nutritional Immunology*, 14, 1-12.
- Erni, N., Kadirman & Fadilah, R. (2018). Pengaruh suhu dan lama pengeringan terhadap sifat kimia dan organoleptik tepung umbi talas (*Colocasia esculenta*). *Jurnal Pendidikan Teknologi Pertanian*, 4, 95-105.
- Fikriyah, Y. U. & Nasution, R. S. (2021). Analisis kadar air dan kadar abu pada teh hitam yang dijual di pasaran dengan menggunakan metode gravimetri. *AMINA*, 3(2), 50-54.
- Fithria, R. . F., Aryono, B. & Zainuddin, M. (2022). Pengaruh intensitas pencahayaan yang berbeda pada kultur *Spirulina platensis* terhadap kandungan protein, kadar pigmen dan aktivitas antioksidan. *Journal of Marine Research*, 11(4), 819-828.
- Firdaus, M., Fauzan, A. & Lestari, C. (2011). Pengembangan *Spirulina* sp. sebagai super food: solusi berbasis akuakultur dalam penanggulangan gizi buruk dan kerawanan Pangan di Indonesia. Available at: <https://repository.ipb.ac.id> [accessed: 17 12 2022].
- Hadiyanto & Azim, M. (2012). Mikroalga sumber pangan dan energi masa depan. 1st edition Semarang: UPT UNDIP Press Semarang.
- Hanani, T., Widowati, I. & Susanto, A. (2020). Kandungan senyawa beta karoten pada *Spirulina platensis* dengan perlakuan perbedaan lama waktu pencahayaan. *Buletin Oseanografi Marina*, 9(1), 55-58.
- Komarlah, M., Herliana, L. & Nugroho, H. S. W. (2022). SEVOO (Extrac *Spirulina* & Extra Virgin Olive Oil) terapi baru untuk menurunkan tingkat mordibitas dan mortilitas akibat kanker. *Jurnal Penelitian Kesehatan Suara Forikes*, 13(1), 255- 264.

- Lebeharia, S. M. (2016). Pertumbuhan dan kualitas biomassa *Spirulina platensis* yang di produksi pada media zarouk modifikasi, Jakarta: *Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah press*.
- Nururrahmah & Widiarnu, W. (2013). Analisis kadar beta karoten kulit buah naga menggunakan spektrofotometer UV-VIS. *Dinamika*, 4(1), 15- 26.
- Pranajaya, R. H., Djunaedi, A. & Yulianto, B. (2014). Pengaruh tembaga terhadap kandungan pigmen dan pertumbuhan mikroalga merah *Porphyridium cruentum*. *Ilmu Kelautan*, 19(2), 97-104.
- Putri, A. M. & Kurnia, P. (2018). Identifikasi keberadaan bakteri coliform dan total mikroba dalam es dung-dung di sekitar kampus universitas muhammadiyah Surakarta. *Media Gizi Indonesia*, 13(1), 41-48.
- Saridewi, I., Pambudi, A. & Ningrum, Y. F. (2016). Analisis bakteri *Escherichia coli* pada makanan siap saji di kantin rumah sakit X dan kantin rumah sakit Y. *BIOMA*, 12(2), 21-34.
- Sedjati, S., Yudiati, E. & Suryono. (2012). Profil pigmen polar dan non polar mikroalga laut *Spirulina* sp. dan potensi sebagai pewarna alami. *Indonesian Journal of Marine Sciences*, 17(3), 176-181.
- Setiawan, Y., Surachman, A., Asthary, P. B. & Saepulloh. (2014). Pemanfaatan emisi gas CO2 untuk budidaya *Spirulina platensis* dalam upaya penurunan gas rumah kaca (GRK). *Jurnal Riset Industri*, 8(2), 83-89.
- Soekendarsi, E., B., N. & Erviani, A. E. (2019). Kandungan kolagen sisik ikan bandeng *Chanos-chanos* dan sisik ikan nila *Oreochromis niloticus*. *BIOMA : JURNAL BIOLOGI*, 4(1), 39-47. Bappenas, 2007. Rencana aksi nasional pangan dan gizi (RANPG) 2006–2010. Badan Perencanaan Pembangunan Nasional. Jakarta, 88.
- Tuapattinaya, P. M. (2016). Pengaruh lama penyimpanan terhadap kandungan serat kasar tepung biji lamun (*Enhalus acoroides*), serta implikasinya bagi pembelajaran masyarakat di pula osi kabupaten Seram bagian barat. *Jurnal Biology Science & Education*, 5(2), 46-55.
- Widawati, D., Santosa, G. W. & Yudiati, E. (2022). Pengaruh pertumbuhan *Spirulina platensis* terhadap kandungan pigmen beda salinitas. *Journal of Marine Research*, 11(1), 61-70.
- Widyaningsih, T. D., Wijayanti, N. & Nugraihini, N. I. P. (2017). Pangan fungsional : aspek kesehatan, evaluasi, dan regulasi. *Malang: UIB Press*.
- Widyartini, N. P. (2020). Tinjauan keamanan pangan, hygiene sanitasi dan kandungan gizi makanan tradisional di kabupaten Tabanan , *Denpasar: Politeknik Kesehatan Kemenkes Press*.
- Yanuhar, U. (2016). Mikroalga laut *Nannochloropsis oculata*. *Malang: UIB Press*.