

Tersedia online di: <http://ejournal-balitbang.kkp.go.id/index.php/ma>

PEMANFAATAN FERMENTASI LINDI SAMPAH PERKOTAAN DALAM MEDIA KULTUR TERHADAP BIOMASSA DAN KOMPOSISI KIMIA *Chlorella* sp.

Rosyadi^{*)} dan Khairul Hadi^{*)#}

^{*)}Laboratorium Mikroalga dan Nutrisi Ikan, Jurusan Akuakultur Fakultas Pertanian, Universitas Islam Riau

(Naskah diterima: 4 Januari 2024, Revisi final: 19 Juni 2025, Disetujui Publikasi: 21 Juni 2025)

ABSTRAK

Lindi merupakan cairan yang terbentuk dalam timbunan sampah dan berpotensi sebagai pencemar lingkungan. Namun apabila diolah lindi dapat menjadi sumber unsur hara untuk kultur *Chlorella* sp.. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh lindi dalam media kultur dan mendapatkan konsentrasi lindi terbaik untuk meningkatkan biomassa serta komposisi kimia *Chlorella* sp.. Penelitian menggunakan rancangan acak lengkap dengan 5 perlakuan, yaitu pemberian lindi 5, 10, 15, 20 dan 25% dan masing-masing perlakuan terdiri dari 3 ulangan. Sebelum digunakan, lindi disaring dan dicampur dengan 20 g gula merah yang dihancurkan, 1 L akuades, 15 mL *Effective Microorganism*₄ (EM₄), dan kemudian difermentasi selama 1 hari. Kultur dilakukan dalam galon berkapasitas 20 L yang diisi dengan 16 L air tawar, dengan penerangan menggunakan lampu dengan intensitas 2500 lux. Proses kultur berlangsung selama 20 hari, dengan parameter yang diukur meliputi kepadatan sel, biomassa, kandungan proksimat, asam amino, kadar nitrat, fosfat, dan kualitas air (suhu, pH, dan DO). Hasil penelitian menunjukkan pemberian lindi dalam media kultur berpengaruh nyata terhadap biomassa *Chlorella* sp. ($p < 0,05$) dengan konsentrasi lindi terbaik pada perlakuan 25%, yaitu biomassa sebesar $0,44 \pm 0,00 \text{ g L}^{-1}$, mengandung protein 31,208%, lemak 7,125%, karbohidrat 31,217%, kadar air 26,975% dan kadar abu 3,475%. Temuan ini menunjukkan bahwa lindi dapat digunakan sebagai alternatif sumber nutrisi untuk meningkatkan produktivitas *Chlorella* sp., dengan konsentrasi 25% sebagai yang paling optimal.

KATA KUNCI: Asam amino; biomassa; *Chlorella* sp.; lindi; proksimat

ABSTRACT: *Utilization of Urban Waste Leachate Fermentation as a Culture Medium for Biomass and Chemical Composition of Chlorella sp.*

Leachate is a liquid that forms in landfills and can be an environmental pollutant. However, if the leachate is processed, it can become a source of nutrients for Chlorella sp. culture. This research was conducted to determine the effect of leachate in the culture medium and to obtain the best leachate concentration to increase the biomass and chemical composition of Chlorella sp.. The research used a completely randomized design with five treatments, namely the addition of 5%, 10%, 15%, 20%, and 25% leachate, with each treatment consisting of three replications. Before use, the leachate was filtered and mixed with 20 g of crushed brown sugar, 1 L of distilled water, 15 mL of Effective Microorganism₄ (EM₄), and then fermented for 1 day. The culture was conducted in a 20 L gallon filled with 16 L of freshwater, illuminated with a light intensity of 2500 lux. The culturing process lasted for 20 days, with parameters measured including cell density, biomass, proximate content, amino acids, nitrate, phosphate, and water quality (temperature, pH, and DO). The results showed that the addition of leachate in the culture media had a significant effect on the biomass of Chlorella sp. ($p < 0.05$), with the best leachate concentration being 25%, yielding a biomass of $0.44 \pm 0.00 \text{ g L}^{-1}$, containing 31.208 % protein, 7.125 % lipid, 31.217 % carbohydrates, 26.975 % moisture content, and 3.475% ash content. These findings indicate that leachate can be used as an alternative nutrient source to enhance the productivity of Chlorella sp., with a 25% concentration being the most optimal.

KEYWORDS: Amino acids; biomass; *Chlorella* sp.; leachate; proximate

#Korespondensi: Khairul Hadi.

Jurusan Akuakultur, Fakultas Pertanian Universitas Islam Riau
Jalan Kaharuddin Nst No.113, Simpang Tiga, Kecamatan Bukit
Raya, Kota Pekanbaru, Riau 28284
E-mail: khairulhadi1605@gmail.com

PENDAHULUAN

Meningkatnya jumlah penduduk telah menimbulkan tekanan pada lingkungan. Semakin bertambahnya jumlah penduduk maka jumlah sampah yang dihasilkan akan semakin meningkat (Omar & Rohani, 2015; Kaur *et al.*, 2019). Sampah menjadi permasalahan yang serius untuk kota-kota besar yang harus diselesaikan secara berkesinambungan. Salah satu dampak lingkungan dari penumpukan sampah adalah terbentuknya lindi. Lindi merupakan cairan yang terbentuk akibat proses perkolasi air hujan atau cairan lain melalui timbunan sampah, yang kemudian melarutkan senyawa-senyawa organik dan anorganik yang terkandung dalam sampah tersebut. Cairan ini mengandung konsentrasi kontaminan yang tinggi seperti amonia, nitrogen dan logam berat (Arunbabu *et al.*, 2017; Luo *et al.*, 2020). Karena tingginya konsentrasi kontaminan dalam lindi, maka berpotensi mencemari air tanah dan air permukaan (Fernandez *et al.*, 2014; Deshmukh & Aher, 2016; Singh *et al.*, 2016).

Berbagai cara penanganan lindi untuk memisahkan komponen pencemarnya belum membuahkan hasil yang ideal. Untuk mengatasi masalah ini, diperlukan solusi yang memadai, tepat sasaran dan berjangka panjang. Pengelolaan ini diharapkan tidak hanya sekedar ditangani, namun juga mempunyai nilai guna atau manfaat. Salah satu solusinya adalah mencari cara baru untuk menggunakan air lindi sebagai media perkembangbiakan alternatif bagi *Chlorella* sp. sehingga dapat mengurangi peningkatan air lindi sekaligus meningkatkan produksi *Chlorella* sp.

Chlorella sp. adalah salah satu jenis mikroalga yang berpotensi untuk dikembangkan karena memiliki banyak manfaat, seperti sebagai pakan ikan, pakan ternak, obat-obatan, kosmetik, pewarna, peningkatan kandungan nutrisi bahan pangan, dan untuk alternatif biodiesel (Tang & Suter, 2011; Aprilliyanti *et al.*, 2016; Vaz *et al.*, 2016). Hal ini disebabkan banyaknya nutrisi yang terdapat pada komponen mikroalga seperti protein, karbohidrat, lemak, vitamin, mineral, klorofil, hidrokarbon, dan bioaktif.

Sehubungan dengan hal di atas, peneliti berupaya memberikan inovasi terbaru dalam penggunaan air lindi sebagai sumber nutrisi untuk kultur *Chlorella* sp., dengan harapan mengurangi peningkatan air lindi, serta meningkatkan kualitas *Chlorella* sp. dengan

meningkatkan biomassa dan memperbaiki komposisi kimianya. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh lindi dalam media kultur dan mendapatkan konsentrasi lindi terbaik untuk meningkatkan biomassa serta komposisi kimia *Chlorella* sp..

BAHAN DAN METODE

Air lindi yang dimanfaatkan berasal dari tempat pembuangan akhir (TPA) sampah di kawasan Muara Fajar Rumbai, Pekanbaru. Lindi tersebut berasal dari tumpukan sampah yang terdiri atas berbagai jenis material, seperti sampah organik (sisa makanan, sayuran, dan limbah dapur), serta sampah anorganik seperti plastik, kertas, tekstil, karet, B3, dan logam. Sampah di TPA ini umumnya tidak dipilah, sehingga tumpukan sampah yang menghasilkan lindi bersifat campuran antara bahan organik dan non-organik. Inokulum *Chlorella* sp. diperoleh dari stok murni di Laboratorium Mikroalga dan Nutrisi Ikan, Fakultas Pertanian, Universitas Islam Riau, Pekanbaru. Air kultur yang digunakan adalah air sumur bor yang telah ditampung dalam tangki selama tiga hari.

Penyiapan Lindi sebagai Sumber Nutrisi

Lindi yang berasal dari TPA sebelum digunakan dilakukan penyaringan terlebih dahulu menggunakan *Dahrl Filter*. Hal ini disebabkan lindi terdiri dari unsur-unsur organik dan anorganik yang terdapat bahan tersuspensi dan sejumlah besar bahan kimia terlarut. Setelah penyaringan, lindi dicampur dengan 20 g gula merah yang dihancurkan, 1 L akuades, dan 15 mL *Effective Microorganism₄* (EM₄) dalam wadah berupa toples berkapasitas 20 L yang tertutup rapat. Fermentasi dilakukan selama 1 hari. Kandungan nitrat dan fosfat lindi sebelum dan sesudah difermentasi dapat dilihat pada Tabel 1. Penyaringan dan fermentasi ini dilakukan untuk meningkatkan kualitas nutrisi dalam air lindi, sehingga *Chlorella* sp. dapat memanfaatkannya dengan mudah (Hadi & Rosyadi, 2023). Menurut Koesoemawardani *et al.* (2016) gula merah dengan molase sebagai sumber karbon sangat efektif digunakan untuk mengaktifkan bakteri di EM₄.

Proses Kultur *Chlorella* sp.

Kultur dilakukan dalam galon yang berkapasitas 20 L dan diisi air sebanyak 16 L, serta dipasang aerasi.

Tabel 1. Kandungan nitrat dan fosfat lindi sebelum dan sesudah difermentasi
Table 1. Nitrate and phosphate content of leachate before and after fermentation

Parameter <i>Parameters</i>	Sebelum difermentasi <i>Before fermented</i>	Sesudah difermentasi <i>After fermented</i>
Nitrat (<i>Nitrate</i>) (mg L ⁻¹)	3,217 ± 0,872	3,950 ± 0,839
Fosfat (<i>Phosphate</i>) (mg L ⁻¹)	2,865 ± 0,084	5,719 ± 0,118

Sebagai pencahayaan, digunakan lampu TL 40 watt dengan intensitas sebesar 2500 lux. Wadah yang berisi air kemudian diisi air lindi sesuai konsentrasi perlakuan. Jumlah kepadatan awal *Chlorella* sp. adalah $30,6 \times 10^4$ sel mL^{-1} . Perkembangan sel *Chlorella* sp. dihitung sekali dalam 2 hari menggunakan mikroskop binokuler (Olympus CX23 LEDRFS1) dan *haemocytometer* tipe Neubauer. Pada setiap sampel dilakukan pengulangan sebanyak 3 kali agar data mewakili populasi. Kadar nutrisi lindi (nitrat dan fosfat) diukur 3 kali selama penelitian menggunakan *spectrophotometer* Spectronic 20D+. Analisis komposisi kimia dilakukan ketika *Chlorella* sp. berada dalam fase stasioner, yaitu pada hari ke-8 (lindi 5%), hari ke-10 (lindi 10%), hari ke-12 (lindi 15%), dan hari ke-18 (lindi 20% dan 25%). Kemudian setiap 2 hari sekali dalam 20 hari kultur dilakukan pengukuran suhu, derajat keasaman dan oksigen terlarut.

Pemanenan Biomassa *Chlorella* sp.

Chlorella sp. dipanen pada fase stasioner dan disentrifugasi menggunakan Oregon Centrifuge LC-04S selama 15 menit dengan kecepatan 3000 rpm (Yulina *et al.*, 2020). Setelah itu, sampel dipindahkan ke kertas saring yang telah ditimbang sebelumnya (W_1) dan dikeringkan hingga berat konstan menggunakan oven pada suhu 70°C semalaman. Sampel dibiarkan di dalam desikator selama 5 jam sebelum ditimbang kembali (W_2), dan biomassa dihitung sesuai persamaan Ogbonna (2018).

$$\text{Biomassa} = W_2 - W_1$$

$$\text{Mengonversi ke } \text{g L}^{-1}, \text{ Biomassa} = \frac{W_2 - W_1}{V} \times \frac{1000}{1}$$

Dimana W_2 adalah berat kertas saring dan sel yang telah dikeringkan (g), W_1 adalah berat kertas saring (g), dan V adalah volume kultur (mL).

Rancangan Penelitian

Penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) dengan 5 perlakuan, yaitu konsentrasi lindi 5, 10, 15, 20 dan 25%. Masing-masing perlakuan dilakukan sebanyak 3 kali.

Analisis Kadar Nitrat dan Fosfat

Analisis kadar nitrat dilakukan dengan mengambil 10 mL sampel yang telah disaring, lalu menambahkan 4 tetes larutan EDTA 0,01 M ke dalam sampel. Larutan EDTA dialirkan melalui kolom reduksi Cd-Cu. Selanjutnya, 10 tetes larutan sulfanilamida ditambahkan ke dalam sampel dan dibiarkan selama 1-2 menit. Selanjutnya, 10 tetes larutan N-Naptyl ditambahkan kemudian dikocok dan dibiarkan selama 5-8 menit. Absorbansi masing-masing sampel kemudian diukur dengan spektrofotometer pada

panjang gelombang 543 nm (Hadi, 2022).

Pengukuran fosfat dilakukan dengan mengambil 12,5 mL sampel yang telah disaring. Sebanyak 10 tetes larutan amonium molibdat ditambahkan ke dalam sampel. Selanjutnya ditambahkan 5 tetes larutan $\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, dikocok hingga homogen, dan ditunggu kurang lebih 2 menit. Absorbansi kemudian diukur dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 690 nm (Hadi, 2022).

Menghitung Kepadatan Sel *Chlorella* sp.

Kepadatan sel *Chlorella* sp. dihitung menggunakan rumus Mukhlis *et al.* (2017), yaitu:

$$\text{Kepadatan sel} = \frac{\text{Jumlah sel terhitung}}{\text{Jumlah kotak dihitung}} \times 10^4 (\text{sel mL}^{-1})$$

Analisis Komposisi Kimiawi dari *Chlorella* sp.

Analisis proksimat *Chlorella* sp. dilakukan menurut prosedur *Association of Official Analytical Chemists* (AOAC, 2005). Kadar air ditentukan dengan mengeringkan sampel dalam oven pada suhu 105°C . Kadar abu ditentukan dengan memanaskan sampel dalam tanur pada suhu 550°C . Kandungan protein dianalisis dengan menggunakan metode Kjeldahl. Kandungan lemak dianalisis dengan menggunakan metode ekstraksi Soxhlet (Takeuchi, 1988). Karbohidrat dianalisis menggunakan metode *Difference* (Sudarmadji *et al.*, 1989). Selain itu, komposisi asam amino dianalisis menggunakan *high performance liquid chromatography* (HPLC), mengikuti prosedur yang dijelaskan oleh Cohen (1989).

Analisis Data

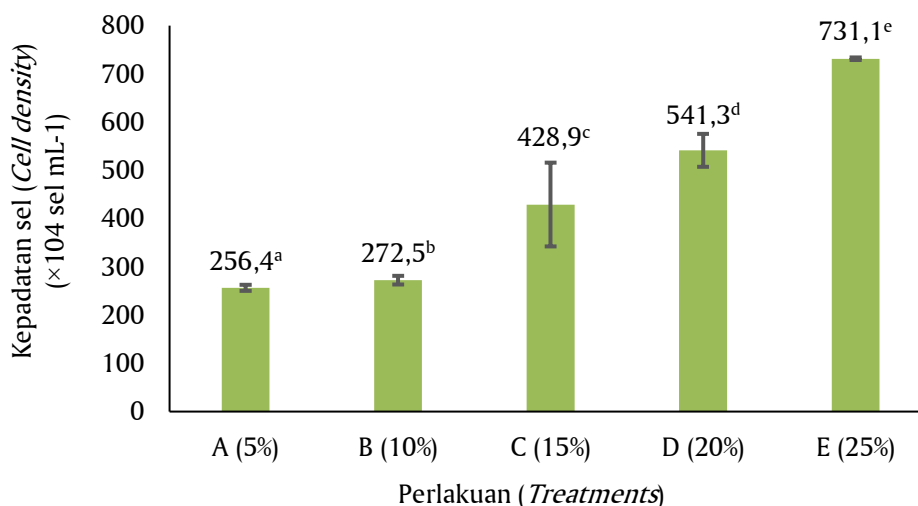
Data pertumbuhan dianalisis menggunakan *repeated measures* ANOVA. Sedangkan untuk melihat perbedaan biomassa antar perlakuan dianalisis menggunakan *one way Analysis of Variance* (ANOVA) dengan *software* SPSS versi 25.

HASIL DAN BAHASAN

Biomassa *Chlorella* sp.

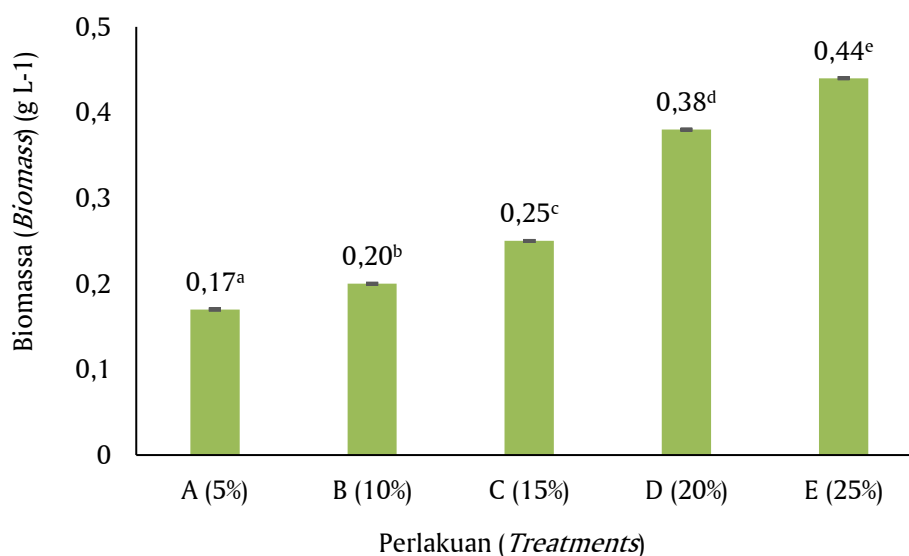
Kepadatan total sel *Chlorella* sp. selalu sebanding dengan produksi biomassa. Semakin besar kepadatan sel maka semakin banyak jumlah biomassa, sebaliknya semakin rendah kepadatan sel maka jumlah biomasanya juga rendah. Jumlah kepadatan sel disajikan pada Gambar 1 dan berat biomassa *Chlorella* sp. setelah diberi lindi konsentrasi berbeda dapat dilihat pada Gambar 2.

Berdasarkan Gambar 1, perlakuan 5% lindi menunjukkan kepadatan sel sebesar $256,4 \times 10^4$ sel mL^{-1} dengan biomassa 0,17 g L^{-1} (Gambar 2).



Gambar 1. Kepadatan sel *Chlorella* sp. setelah dikultur menggunakan lindi
Keterangan: Huruf *superscript* yang berbeda menunjukkan berbeda nyata antarperlakuan ($p < 0,05$).

Figure 1. Cell density of *Chlorella* sp. after being cultured using leachate
Notes: Different superscript letters indicate significantly different between treatments ($p < 0.05$).



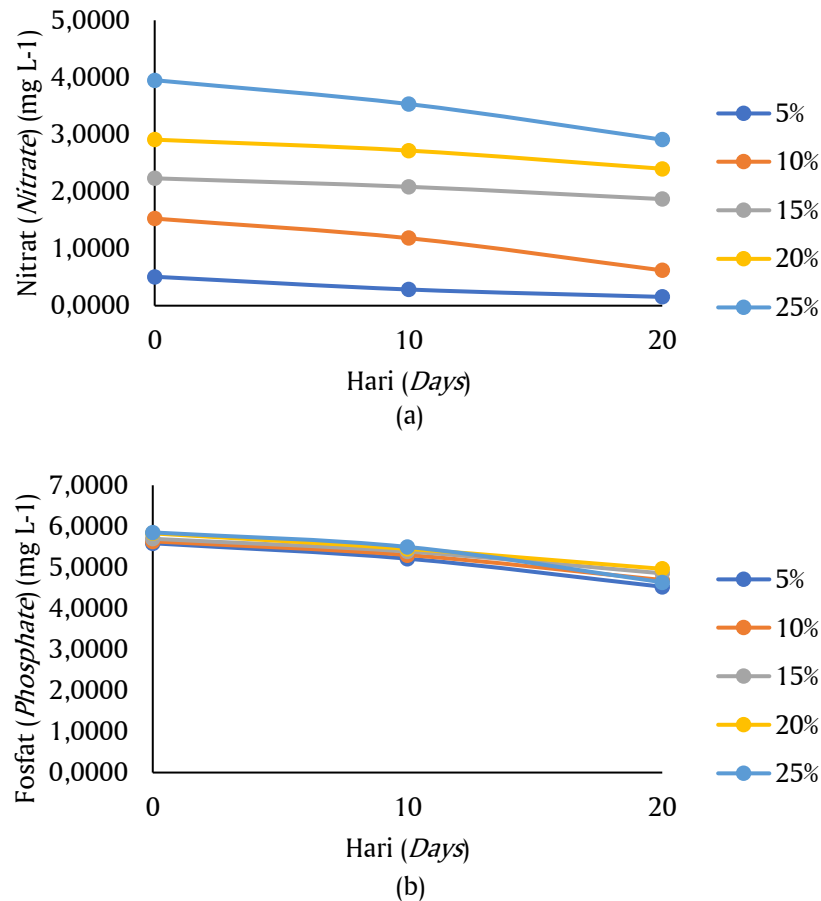
Gambar 2. Berat biomassa *Chlorella* sp. setelah dikultur menggunakan lindi
Keterangan: Huruf *superscript* yang berbeda menunjukkan berbeda nyata antarperlakuan ($p < 0,05$).

Figure 2. Biomass weight of *Chlorella* sp. after being cultured using leachate
Notes: Different superscript letters indicate significantly different between treatments ($p < 0.05$).

Peningkatan konsentrasi lindi pada perlakuan 10% dan 15% menghasilkan kepadatan sel yang lebih tinggi, masing-masing menjadi $272,5 \times 10^4$ sel mL⁻¹ dan $428,9 \times 10^4$ sel mL⁻¹, serta biomassa yang meningkat menjadi 0,20 g L⁻¹ dan 0,25 g L⁻¹. Peningkatan yang signifikan juga terlihat pada perlakuan 20% dan 25% lindi, di mana kepadatan sel mencapai $541,3 \times 10^4$ sel mL⁻¹ dan $731,1 \times 10^4$ sel mL⁻¹, dengan biomassa yang masing-masing mencapai 0,38 g L⁻¹ dan 0,44 g L⁻¹. Hasil analisis statistik menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan antar perlakuan ($p < 0,05$), yang mengindikasikan bahwa konsentrasi lindi berpengaruh

nyata terhadap pertumbuhan dan jumlah biomassa *Chlorella* sp. Menurut Utami *et al.* (2020) dan Roza *et al.* (2022), umumnya jumlah biomassa *Chlorella* sp. berkorelasi positif dengan kepadatan sel, semakin tinggi kepadatan sel maka semakin besar pula jumlah biomassa yang dihasilkan.

Dalam penelitian ini, semakin tinggi konsentrasi lindi yang diberikan masih meningkatkan biomassa *Chlorella* sp. yang menunjukkan bahwa konsentrasi lindi yang digunakan belum mencapai batas optimal. Menurut Rosyadi *et al.* (2024), *Chlorella* sp. dapat



Gambar 3. Pemanfaatan kadar nitrat (a), dan fosfat (b) oleh *Chlorella sp.* selama 20 hari
 Figure 3. Utilization of nitrate (a), and phosphate (b) by *Chlorella sp.* for 20 day.

tumbuh dengan baik dalam media yang kaya nutrisi, namun ada batasan konsentrasi tertentu di mana pertumbuhan akan mencapai maksimum. Jika konsentrasi lindi terlalu rendah, kemungkinan tidak ada cukup nutrisi untuk mendukung pertumbuhan. Sebaliknya, jika terlalu tinggi, dapat terjadi akumulasi senyawa toksik atau kondisi osmotik yang merugikan.

Konsentrasi unsur hara dalam media kultur, seperti nitrat dan fosfat (Gambar 3) dapat menjadi faktor pembatas pertumbuhan yang berdampak pada biomassa (Nur *et al.*, 2023). Nitrogen dalam nitrat merupakan makronutrien penting yang berpengaruh terhadap perkembangan sel dan produksi biomassa mikroalga, karena nitrat diperlukan untuk pembentukan klorofil, protein, dan lemak. Ambarwati *et al.* (2018) mengemukakan bahwa *Chlorella sp.* membutuhkan unsur nitrat dalam jumlah yang cukup untuk metabolisme dan pertumbuhan. Farda *et al.* (2021) menambahkan bahwa nitrat memiliki peran penting dalam meningkatkan produksi biomassa serta kandungan esensial mikroalga, seperti protein, lemak, klorofil, dan karotenoid.

Biomassa *Chlorella sp.* tertinggi pada perlakuan 25% lindi ($0,44 \pm 0,00 \text{ g L}^{-1}$) lebih banyak bila dibandingkan hasil yang diperoleh Roza *et al.* (2022) menggunakan POC limbah sayur sawi hanya $0,41 \text{ g L}^{-1}$. Namun jika dibandingkan yang diperoleh Utami *et al.* (2020) biomassa sebanyak $0,77 \text{ g L}^{-1}$ menggunakan limbah cair kelapa sawit maka biomassa pada penelitian ini masih rendah. Perbedaan jumlah biomassa dari pemanfaatan 3 jenis limbah cair tersebut disebabkan karena setiap limbah memiliki kandungan nutrisi dan kualitas yang berbeda, sehingga kualitas nutrisi dalam media kultur memengaruhi jumlah biomassa. Mukti *et al.* (2024) melaporkan bahwa berbagai jenis limbah organik memiliki komposisi nutrisi yang beragam. Namun ketersediaan nitrogen, fosfor, dan mikronutrien dalam limbah sangat memengaruhi laju pertumbuhan dan produksi biomassa mikroalga.

Komposisi Kimia *Chlorella sp.*

Proksimat merupakan metode analisa kimia untuk mengidentifikasi kandungan gizi dari *Chlorella sp.* Kandungan proksimat *Chlorella sp.* setelah dikultur

Tabel 2. Kandungan proksimat *Chlorella* sp. setelah dikultur menggunakan lindi
Table 2. Proximate content of *Chlorella* sp. after being cultured using leachate

Proksimat Proximate	Persentase lindi dalam media kultur (%) Percentage of leachate in culture medium (%)				
	5	10	15	20	25
Kadar Air (%) Moisture content (%)	27,400	27,525	27,450	27,800	26,975
Kadar Abu (%) Ash Content (%)	2,550	3,175	4,001	3,875	3,475
Protein (%) Proteins (%)	27,882	27,493	26,512	30,635	31,208
Lemak (%) Lipid (%)	6,950	6,275	6,200	6,125	7,125
Karbohidrat (%) Carbohydrate (%)	35,217	35,532	35,837	31,565	31,217

menggunakan lindi konsentrasi berbeda disajikan pada Tabel 2.

Dari Tabel 2 memperlihatkan bahwa kandungan proksimat setelah dikultur dengan menggunakan lindi menghasilkan kandungan proksimat yang berbeda, yaitu kadar air berkisar antara 26,975×27,800%, kadar abu 2,550×4,001%, protein 26,512×31,208%, lemak 6,125×7,125% dan karbohidrat 31,217×35,837%. Kandungan protein tertinggi diperoleh pada perlakuan 25% lindi yaitu sebesar 31,208%, diikuti perlakuan 20% (30,635%), perlakuan 5% (27,882%), kemudian perlakuan 10% (27,493%) dan perlakuan 15% sebesar 26,512%. Hasil ini menunjukkan bahwa perlakuan 25% lindi lebih baik dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Hal ini disebabkan karena konsentrasi lindi sebanyak 25% dapat memenuhi kebutuhan *Chlorella* sp, sebagaimana penelitian-penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa perbedaan kandungan protein *Chlorella* sp. dapat disebabkan karena perbedaan konsentrasi pupuk yang digunakan, sehingga kandungan protein pada mikroalga ditentukan oleh ketersediaan unsur hara makronutrien seperti nitrat dan fosfat. Kedua unsur tersebut berperan dalam pembentukan protein, aktivitas metabolisme dan perbanyakan sel (Masojidek *et al.*, 2013; Christiani *et al.*, 2017; Oktaviani *et al.*, 2017; Utami *et al.*, 2020). Menurut Ulya (2018), kadar protein mikroalga juga dipengaruhi faktor lingkungan seperti suhu, derajat keasaman, salinitas, intensitas cahaya, batasan nutrisi dan umur kultur.

Asam amino merupakan produk akhir dari protein yang dapat dimanfaatkan untuk perkembangan sel makhluk hidup. Hasil analisis kandungan asam amino *Chlorella* sp. setelah dikultur menggunakan lindi dapat dilihat pada Tabel 3.

Berdasarkan Tabel 3 diketahui bahwa, jenis asam amino *Chlorella* sp. yang terbaca sebanyak 17 jenis, yaitu 8 asam amino esensial dan 9 asam amino non esensial. Jenis asam amino esensial yang tidak terbaca adalah triptofan, sedangkan yang non esensial adalah asparagin dan glutamin. Jumlah asam amino yang terkandung dalam sel *Chlorella* sp. ditentukan oleh ketersediaan dan kemampuan *Chlorella* sp. menyerap unsur hara dalam media kultur. Adapun unsur hara yang berperan penting berupa unsur hara makronutrien seperti unsur nitrogen. Menurut Armaini *et al.* (2016), senyawa nitrat, ammonium dan urea merupakan sumber nitrogen yang paling umum dalam media pertumbuhan mikroalga. Nitrogen yang diserap oleh mikroalga sangat penting untuk produksi asam amino dan protein. Sebagaimana pernyataan Amanatin dan Nurhidayati (2013), nitrogen merupakan bahan pembentuk asam amino, amida, nukleotida, dan nukleo protein yang penting.

Dilihat dari kandungan asam amino menurut perlakuan yang diberikan, kandungan asam amino cenderung meningkat seiring dengan bertambahnya konsentrasi lindi. Perbedaan ini dapat disebabkan karena dengan meningkatnya konsentrasi lindi, maka unsur hara yang terkandung dalam media kultur juga akan meningkat. Kemudian pemanfaatan unsur hara juga akan lebih besar dibanding dengan pemberian lindi konsentrasi yang rendah.

Kualitas Air

Kualitas air merupakan parameter lingkungan yang dapat memengaruhi pertumbuhan, metabolisme sel dan kandungan gizi *Chlorella* sp. Kisaran kualitas air di setiap perlakuan optimal untuk kultur *Chlorella* sp. dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 3. Kandungan asam amino esensial dan non esensial *Chlorella* sp. setelah dikultur menggunakan lindi
 Table 3. Essential and non-essential amino acid content of *Chlorella* sp. after being cultured using leachate

Esensial <i>Essential</i>	Persentase lindi dalam media kultur (%) <i>Percentage of leachate in culture medium (%)</i>				
	5	10	15	20	25
Histidin (<i>Histidine</i>) (%)	0,028	0,039	0,043	0,049	0,057
Treonin (<i>Threonine</i>) (%)	0,023	0,028	0,030	0,041	0,047
Valin (<i>Valine</i>) (%)	0,032	0,033	0,038	0,048	0,058
Methionin (<i>Methionine</i>) (%)	0,028	0,025	0,030	0,046	0,045
Isoleusin (<i>Isoleucine</i>) (%)	0,021	0,024	0,030	0,037	0,043
Leusin (<i>Leucine</i>) (%)	0,072	0,079	0,087	0,098	0,101
Phenilalanin (<i>Phenylalanine</i>) (%)	0,027	0,021	0,033	0,039	0,036
Lisin (<i>Lysine</i>) (%)	0,065	0,075	0,085	0,069	0,099
ΣAAE	0,296	0,324	0,376	0,427	0,486
Non Esensial <i>Non-Essential</i>					
Asam Aspartat (<i>Aspartic Acid</i>) (%)	0,379	0,403	0,419	0,424	0,477
Asam Glutamat (<i>Glutamic Acid</i>) (%)	0,710	0,728	0,739	0,820	0,846
Arginin (<i>Arginine</i>) (%)	0,031	0,036	0,033	0,051	0,064
Serin (<i>Serine</i>) (%)	0,045	0,051	0,066	0,071	0,081
Glisin (<i>Glycine</i>) (%)	0,035	0,037	0,048	0,055	0,065
Alanin (<i>Alanine</i>) (%)	0,010	0,015	0,022	0,035	0,040
Prolin (<i>Proline</i>) (%)	0,028	0,034	0,053	0,063	0,067
Tirosin (<i>Tyrosine</i>) (%)	0,030	0,034	0,039	0,048	0,052
Sistein (<i>Cysteine</i>) (%)	0,027	0,032	0,048	0,051	0,050
ΣAANE	1,295	1,370	1,467	1,618	1,742

Tabel 4. Kisaran kualitas air media kultur dengan perbedaan konsentrasi lindi
 Table 4. Range of culture media quality with different leachate concentrations

Parameter <i>Parameters</i>	Persentase lindi dalam media kultur (%) <i>Percentage of leachate in culture medium (%)</i>					Optimal <i>(Optimal)</i>
	5	10	15	20	25	
Suhu (<i>Temperature</i>) (°C)	28-29	28-29	28-29	28-29	28-29	25-30 ^a
pH	4,63-7,30	5,95-7,37	6,69-7,51	7,08-7,62	7,23-7,74	4,5-9,3 ^b
DO (<i>Dissolved oxygen</i>) (mg L ⁻¹)	3,60-6,70	4,00-5,80	3,90-6,80	3,90-6,00	3,80-7,90	7 ^c

Keterangan: ^a(Mufidah *et al.*, 2018), ^b(Maharsyah *et al.*, 2013), ^c(Rahmawati & Nadya, 2020).

Notes: ^a(Mufidah *et al.*, 2018), ^b(Maharsyah *et al.*, 2013), ^c(Rahmawati & Nadya, 2020).

KESIMPULAN

Pemberian fermentasi lindi dengan konsentrasi 25% dalam media kultur berpengaruh nyata terhadap kepadatan dan biomassa *Chlorella* sp, yaitu kepadatan $731,1 \times 10^6$ sel mL⁻¹ dan biomassa sebesar $0,44 \pm 0,00$ g L⁻¹. Konsentrasi lindi 25% memberikan nilai tertinggi dibandingkan dengan perlakuan lainnya untuk kandungan protein (31,208%) dan lemak (7,125%). Peningkatan konsentrasi lindi yang diberikan mampu meningkatkan kandungan asam amino esensial dan non esensial yang ada.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Direktorat Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (DPPM) Universitas Islam Riau atas dukungannya yang berharga terhadap penelitian ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada saudara Muhammad Arfi atas bantuan teknis yang sangat berharga selama proses penelitian, serta kepada semua pihak yang telah berpartisipasi dalam penyempurnaan naskah ini.

DAFTAR ACUAN

- Amanatin, D.R., & Nurhidayati, T. (2013). Pengaruh kombinasi konsentrasi media ekstrak tauge (MET) dengan pupuk urea terhadap kadar protein *Spirulina* sp. *Jurnal Sains dan Seni Pomits*, 2(2), 2337-3520. <http://dx.doi.org/10.12962/j23373520.v2i2.4054>
- Ambarwati, D.P., Yudiati, E., Supriyanti, E., & Maslukah, L. (2018). Pola pertumbuhan, biomassa dan kandungan protein kasar kultur *Skeletonema costatum* skala massal dengan konsentrasi kalium nitrat berbeda. *Buletin Oseanografi Marina*, 7(2), 75-80. <https://doi.org/10.14710/buloma.v7i2.20896>
- AOAC. (2005). Official method of analysis of the association of official analytical of chemist. Association of Official Analytical Chemists. Inc., Arlington: Virginia.
- Aprilliyanti, S., Soeprbowati, T.R., & Yulianto, B. (2016). Hubungan kemelimpahan *Chlorella* sp dengan kualitas lingkungan perairan pada skala semi masal di BBBPBAP Jepara. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 14(2), 77-81. <https://doi.org/10.14710/jil.14.2.77-81>
- Armiani., A. P. Putra., & M. Salim. (2016). Ekstraksi protein dan identifikasi asam amino pada mikroalga *Chlorella pyrenoidosa* dalam media ekstrak tauge. *Jurnal Kimia Unand*, 5(1), 1-6.
- Arunbabu, V., Indu, K.S., & Ramasamy, E.V. (2017). Leachate pollution index as an effective tool in determining the phytotoxicity of municipal solid waste leachate. *Waste Management*, 68, 329-336. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.07.012>
- Christiani, C., Insan, A.I., & Hidayah, H.A. (2017). Pertumbuhan Mikroalga Hasil Budidaya Skala Laboratorium Dengan Media Kultur Limbah Cair Tapioka. *Prosiding Seminar Nasional LPPM Unsoed*, 7(1), 834-843.
- Cohen, S.A. (1989). The picotag method, a manual of advanced techniques for amino acid analysis. Waters Chromatography Division, 34 Maple Street, Milford, MA.
- Deshmukh, K.K., & Aher, S.P. (2016). Assessment of the impact of municipal solid waste on groundwater quality near the Sangamner City using GIS approach. *Water Resources Management*, 30, 2425-2443. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11269-016-1299-5>
- Farda, J.N.A., Maulana, I.T., & Syafnir, L. (2021). Kajian pustaka modifikasi salinitas terhadap kandungan â-karoten serta aktivitas antikanker *Dunaliella salina*. *Prosiding Farmasi*, 398-405. <http://dx.doi.org/10.29313/v0i0.29310>
- Fernández, D.S., Puchulu, M.E., & Georgieff, S.M. (2014). Identification and assessment of water pollution as a consequence of a leachate plume migration from a municipal landfill site (Tucumán, Argentina). *Environmental Geochemistry and Health*, 36, 489-503. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10653-013-9576-1>
- Hadi, K. (2022). Pengaruh Pemberian Lindi Dengan Dosis Berbeda yang Difermentasi EM₄ Terhadap Kelimpahan *Chlorella* sp. *Skripsi*. Universitas Islam Riau.
- Hadi, K., & Rosyadi, R. (2023). Pengaruh konsentrasi lindi yang difermentasi dengan aktifator mikroorganisme EM₄ terhadap kepadatan sel *Chlorella* sp. *Jurnal Riset Akuakultur*, 17(4), 215-226. <http://dx.doi.org/10.15578/jra.17.4.2022.215-226>
- Kaur, G., Luo, L., Chen, G., & Wong, J.W.C. (2019). Integrated food waste and sewage treatment – A better approach than conventional food waste-sludge co-digestion for higher energy recovery via anaerobic digestion. *Bioresource Technology*, 289, 121698. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2019.121698>
- Koesoemawardani, D., Marniza., Samsul, R., & Novia, S. (2016). Penambahan konsentrasi gula aren pada joruk (produk ikan fermentasi). *Prosiding Seminar Nasional Pengembangan Teknologi Pertanian Politeknik Negeri Lampung*, 187-195. <https://doi.org/10.25181/prosemnas.v0i0.477>
- Luo, H., Zeng, Y., Cheng, Y., He, D., & Pan, X. (2020). Recent advances in municipal landfill leachate: A review focusing on its characteristics, treatment, and toxicity assessment. *Science of The Total Environment*, 703, 135468. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135468>
- Maharsyah, T., Lutfi, M., & Nugroho, W.A. (2013). Efektivitas penambahan plant growth promoting bacteria (*Azospirillum* sp.) dalam meningkatkan pertumbuhan mikroalga (*Chlorella* sp.) pada media limbah cair tahu setelah proses anaerob. *Jurnal Keteknik Pertanian Tropis dan Biosistem*, 1(3), 258-264.
- Masojidek, J., Torzillo, G., & Kobizek, M. (2013). Photosynthesis in microalgae. *handbook of microalgal culture: applied phycology and biotechnology. Second Edition (p. 21-36)*. New Jersey: Blackwell Publishing. <https://doi.org/10.1002/9781118567166.ch2>
- Mufidah, A., Agustono., Sudarno., & Nindarwi, D.D. (2018). Teknik kultur *Chlorella* sp. skala laboratorium dan intermediet di balai perikanan budidaya air payau (BPBAP) Situbondo Jawa Timur.

- Journal of Aquaculture and Fish Health*, 7(2), 50-56. <https://doi.org/10.20473/jafh.v7i2.11246>
- Mukhlis, A., Abidin, Z., & Rahman, I. (2017). Pengaruh konsentrasi pupuk ammonium sulfat terhadap pertumbuhan populasi sel *Nannochloropsis* sp. *BioWallacea Jurnal Ilmiah Ilmu Biologi*, 3(3), 149–155. <https://doi.org/10.31227/osf.io/7hgn8>
- Mukti, F., Hadi, K., Zulfahmi, K., & Nagaraj, S. (2024). Utilization of cow's rumen bokashi enriched with chicken manure on *Chlorella* sp. cell density. *Journal of Aquaculture & Fish Health*, 13(2), 219-230. <https://doi.org/10.20473/jafh.v13i2.54277>
- Nur, M., Jabbar, F. M., & Hadi, K. (2023). Pemberian pupuk organik cair (POC) dengan dosis berbeda terhadap kelimpahan *Chlorella* sp. *Dinamika Pertanian*, 39(1), 113-120. [https://doi.org/10.25299/dp.2023.vol39\(1\).14072](https://doi.org/10.25299/dp.2023.vol39(1).14072)
- Ogbonna, I.O., & Ogbonna, J.C. (2018). Effects of carbon source on growth characteristics and lipid accumulation by microalga *Dictyosphaerium* sp. with potential for biodiesel production. *Energy and Power Engineering*, 10(2), 29-42. <https://doi.org/10.4236/epe.2018.102003>
- Oktaviani, D., Adhisyahputra., & Amelia, N. (2017). Pengaruh kadar nitrat terhadap pertumbuhan dan kadar lipid mikroalga *Melosira* sp. sebagai tahap awal produksi biofuel. *Jurnal Risenologi*, 2(1), 1-13. <https://doi.org/10.47028/j.risenologi.2017.21.3>
- Omar, H., & Rohani, S. (2015). Treatment of landfill waste, leachate and landfill gas: A review. *Frontiers of Chemical Science and Engineering*, 9, 15-32. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11705-015-1501-y>
- Rahmawati, & Nadya, D. (2020). Pengaruh pupuk organik cair *Azolla* sp. strain isolat lokal dengan konsentrasi yang berbeda terhadap kelimpahan *Chaetoceros* sp.. *Brawijaya Knowledge Garden*, 1(2), 102–119.
- Rosyadi, R., Hasibuan, A., Setiaji, J., & Hadi, K. (2024). Pengaruh konsentrasi pupuk organik cair limbah sayuran dalam media kultur terhadap kepadatan sel *Chlorella* sp. *Media Akuakultur*, 19(1), 1-7. <http://dx.doi.org/10.15578/ma.19.1.2024.1-7>
- Roza, G.M., Hasby, M., & Hadi, K. (2022). Pengaruh pemberian POC limbah sayuran dengan jenis berbeda terhadap kelimpahan *Chlorella* sp. *Dinamika Pertanian*, 38(2), 225-232. [https://doi.org/10.25299/dp.2022.vol38\(2\).11898](https://doi.org/10.25299/dp.2022.vol38(2).11898)
- Singh, S., Raju, N.J., Gossel, W., & Wycisk, P. (2016). Assessment of pollution potential of leachate from the municipal solid waste disposal site and its impact on groundwater quality, Varanasi environs, India. *Arabian Journal of Geosciences*, 9, 1–12. <https://link.springer.com/article/10.1007/s12517-015-2131-x>
- Sudarmadji, S., Haryono, B., & Suhardi. (1989). Analisa bahan makanan dan pertanian. Yogyakarta: Liberty.
- Takeuchi, T. (1988). Chemical evaluation of dietary nutrients. In: Watanabe T (ed) Fish nutrition and mariculture. Japan International Cooperation Agency (JICA), Kanazawa. 79–228.
- Tang, G., & Suter, P.M. (2011). Vitamin A, nutrition, and health values of algae: *Spirulina*, *Chlorella*, and *Dunaliella*. *Journal of Pharmacy and Nutrition Sciences*, 1(2), 111-118. <https://doi.org/10.6000/1927-5951.2011.01.02.04>
- Ulya, S., Sedjati, S., & Yudiati, E. (2018). Kandungan protein *Spirulina platensis* pada media kultur dengan konsentrasi nitrat (KNO₃) yang berbeda. *Buletin Oseanografi Marina*, 7(2), 98-102. <https://doi.org/10.14710/buloma.v7i2.20109>
- Utami, D.A., Dahril, T., & Windarti. (2020). Pengaruh perbedaan konsentrasi limbah cair kelapa sawit terhadap pertumbuhan dan komposisi kimia *Chlorella* sp. *Berkala Perikanan Terubuk*, 48(2), 1-11. <http://dx.doi.org/10.31258/terubuk.48.2.476-482>
- Vaz, S.B.S., Moreira, J.B., de Moraes, M.G., & Costa, J.A.V. (2016). Microalgae as a new source of bioactive compounds in food supplements. *Current Opinion in Food Science*, 7(1), 73-77. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2015.12.006>
- Yulina., Iba, W., & Hamzah, M. (2020). Pengaruh konsentrasi pupuk organik cair dari eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) yang berbeda terhadap pertumbuhan dan kandungan protein *Chlorella vulgaris*. *Media Akuatika: Jurnal Ilmiah Jurusan Budidaya Perairan*, 5(1), 34–42. <http://dx.doi.org/10.33772/jma.v5i1.12729>