Arwana
Jurnal Ilmiah Program Studi Perairan
doi: 10.51179/jipsbp.v5i2.1976

Research Article

Efektivitas *Chlorella* sp. dalam fitoremediasi air limbah berbeda di Aceh Utara
[Effectiveness of *Chlorella* sp. in phytoremediation of different wastewater in North Aceh]

Rachmawati Rusydi[1]*, Mahdaliana[1], Isra Ambia[1], Muliani[1], Prama Hartami[1]

[1] *Program Studi Akuakultur, Jurusan Perikanan dan Ilmu Kelautan, Fakultas Pertanian, Universitas Malikussaleh, Aceh Utara, Indonesia*

ABSTRACT | *Chlorella* sp. is microalgae species used to treat wastewater and can grow and develop well inside contaminated environments by interweaving symbiosis with bacterial decomposers. This study purposed to evaluate the effectiveness of *Chlorella* sp. in the phytoremediation of different wastewater from North Aceh. This research used the experimental laboratory method with an experimental design Non-Factorial Completely Randomized Design. The treatment factor was different wastewater obtained from North Aceh consisting of A: domestic wastewater, B: tofu wastewater, and C: slaughterhouse wastewater repeated three times. The observed parameters were water quality parameters (temperature, pH, dissolved oxygen, biological oxygen demand, nitrate, and phosphate concentration, decrement of organic materials, and microalgae growth. The result showed that *Chlorella* sp. could remediate the wastewater by decreasing the organic materials in the wastewater. The temperature, pH, and dissolved oxygen in wastewater were optimal for *Chlorella*'s life. Implementation of *Chlorella* sp. gave a significant effect ($p<0.05$) on the efficiency of organic materials decrement in wastewater, namely BOD 64,6%-65%, nitrate 76,8%-91,2%, and phosphate 72,7%-94,6%. Furthermore, the suitable wastewater for *Chlorella* sp. growth with its highest peak value ($p<0,05$) was the slaughterhouse wastewater. The recommended wastewater was slaughterhouse remediated by *Chlorella* sp. to be used as cultivation media of fish.

Key words | *Chlorella* sp., phytoremediation, wastewater, water quality, North Aceh

ABSTRAK | *Chlorella* sp. merupakan jenis mikroalga yang dimanfaatkan untuk pengolahan limbah cair karena dapat tumbuh dan berkembang dalam media lingkungan yang terkontaminasi dan mampu bersimbiosis dengan bakteri pengurai. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengevaluasi efektivitas *Chlorella* sp. dalam fitoremediasi air limbah berbeda yang diperoleh di Aceh Utara. Metode penelitian menggunakan metode eksperimental laboratorium dan rancangan penelitian ini adalah Rancangan Acak Lengkap Non-Faktorial dengan faktor perlakuan adalah perbedaan jenis air limbah yang diperoleh di Aceh Utara. Perlakuan yang diteliti terdiri atas A: Air limbah rumah tangga, B: Air limbah produksi tahu, C: Air limbah rumah pemotongan hewan dan pengulangan sebanyak 3 kali. Parameter penelitian terdiri atas parameter kualitas air (suhu, pH, oksigen terlarut, BOD (*Biological Oxygen Demand*) dan nitrat serta fosfat), penurunan materi organik, dan pertumbuhan mikroalga. Hasil penelitian menunjukan, *Chlorella* sp. dapat meremediasikan air limbah dengan menurunkan materi organik limbah. Parameter suhu, pH, dan oksigen terlarut berada pada kisaran optimal untuk hidup *Chlorella* sp. Penerapan *Chlorella* sp. memberikan pengaruh signifikan ($p<0,05$) terhadap efisiensi penurunan materi organik pada air limbah yakni BOD berkisar 64,6%-65%, nitrat 76,8%-91,2%, dan fosfat 72,7%-94,6%. Selanjutnya, air limbah paling baik yang dapat mendukung pertumbuhan *Chlorella* sp. dengan puncak populasi tertinggi ($p<0,05$) adalah air limbah pemotongan hewan. Rekomendasi air limbah pemotongan hewan yang diremediasi oleh *Chlorella* sp. dapat digunakan untuk media kultivasi ikan.

Kata kunci | *Chlorella* sp., fitoremediasi, air limbah, kualitas air, Aceh Utara

Received | 16 Mei 2023, **Accepted** | 17 September 2023, **Published** | 10 November 2023.
***Koresponden** | Rachmawati Rusydi, Program Studi Akuakultur, Jurusan Perikanan dan Ilmu Kelautan, Fakultas Pertanian, Universitas Malikussaleh, Aceh Utara, Indonesia. **Email:** rachmawati.rusydi@unimal.ac.id.
Kutipan | Rusydi, R., Mahdaliana, M., Ambia, I., Muliani1, M., Hartami, P. (2023). Efektivitas *Chlorella sp.* dalam fitoremediasi air limbah berbeda di Aceh Utara. Arwana: *Jurnal Ilmiah Program Studi Perairan*, 5(2), 118-124.
p-ISSN (Media Cetak) | 2657-0254
e-ISSN (Media Online) | 2797-3530

© 2023 Oleh authors. Arwana: Jurnal Ilmiah Program Studi Perairan. Artikel ini bersifat open access yang didistribusikan di bawah syarat dan ketentuan Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.

PENDAHULUAN

Mikroalga sebagai tanaman akuatik berukuran kecil ternyata berpotensi untuk pengolahan limbah organik. Secara teknis, mikroalga menyerap kandungan senyawa organik dan nutrien yang masih

tersisa dalam limbah, dan menghasilkan oksigen yang dapat menurunkan kadar COD dan BOD dalam limbah lewat bantuan bakteri pengurai zat organik (Hadiyanto *et al.*, 2012). Kemampuan penyerapan atau absorpsi ini menyebabkan mikroalga berpotensi untuk dijadikan remediator dalam aktivitas remediasi lingkungan tercemar terutama lingkungan perairan.

Fitoremediasi merupakan teknik remediasi (pemulihan) kondisi lingkungan dengan memanfaatkan organisme dalam proses pemulihannya. Remediasi lingkungan dengan fitoremediasi lebih murah dan efektif dibandingkan teknik remediasi dengan proses fisika dan kimia (Soeprobowati & Hariyati, 2013). Beberapa jenis mikroalga yang dapat digunakan dalam mereduksi kandungan logam berat dalam perairan tercemar diantaranya *Laminaria japonica, Fucus vesicularis, Asparagopsis armata, Fucus spiralis, Spirogyra* sp. dan *Chlorella* sp. (Chekroun & Baghour, 2013).

Chlorella sp. merupakan salah satu mikroalga yang banyak dimanfaatkan dalam pengolahan limbah cair. Mikroalga jenis *Chlorella* sp. dapat bersimbiosis dengan bakteri pengurai untuk mempercepat proses metabolisme. Menurut Muria *et al.* (2020), kelebihan dari mikroalga jenis *Chlorella* sp. merupakan mikroalga yang dapat tumbuh dan berkembang di dalam lingkungan yang terkontaminasi dengan limbah, baik itu limbah cair rumah tangga, limbah cair pabrik pupuk, dan limbah cair rumah pemotongan hewan dikarenakan *Chlorella* sp. memiliki *Phytohormon* dan *Polyamine* untuk adaptasi pada ekosistim air yang tercemar dengan logam berat. Kemampuan *Chlorella* sp. dalam menyerap logam berat ini didukung dengan kemampuan beradaptasi, bertumbuh dan dapat digunakan sebagai bioremediator.

Penelitian terkait fitoremediasi yang dilakukan Fitri *et al.* (2021) menunjukkan bahwa *Chlorella vulgaris* berpotensi untuk mengurangi kandungan logam berat pada air limbah lindi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *Chlorella vulgaris* dapat menurunkan kadar logam Pb 80,6% dan Cu 70,9% dalam air lindi. Mikroalga ini bersifat akumulator logam Pb dan Cu. Selanjutnya, penelitian Dewi & Junianto (2021) juga menunjukkan bahwa *Chlorella* sp. yang dikultivasi dalam media air limbah rumah tangga dapat tumbuh dengan baik dan mampu menurunkan kadar bahan organik pada air limbah rumah tangga dengan parameter fosfor, COD, nitrat, BOD, nitrogen, dan TSS.

Fitoremediasi terhadap limbah cair yang dihasilkan oleh aktivitas rumah tangga dan industri di Aceh Utara saat ini belum banyak diterapkan baik oleh peneliti, industri, dan masyarakat. Hal ini berdampak pada pencemaran perairan Aceh Utara yang ditandai dengan tingginya konsentrasi bahan organik di perairan tersebut. Menurut Irfannur & Khairan (2021), tingkat pencemaran perairan di Sungai Krueng Manee, Aceh Utara berada pada tingkatan pencemaran sedang, dimana kondisi perairan masih mendukung kelangsungan hidup ikan di dalamnya. Pencemaran perairan tersebut disebabkan oleh industri kelapa sawit yang ada di wilayah tersebut.

Berdasarkan latar belakang di atas, penelitian ini penting untuk dilakukan sebagai upaya untuk penanggulangan limbah di lingkungan perairan dengan mengandalkan mikroalga *Chlorella* sp. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas *Chlorella* sp. dalam fitoremediasi air limbah berbeda yang diperoleh di Aceh Utara. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi sumber informasi bagi masyarakat untuk menanggulangi pencemaran lingkungan.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental laboratorium yang dilaksanakan di Universitas Malikussaleh, Aceh Utara. Penelitian dilakukan di Laboratorium Oseanografi Program Studi Ilmu Kelautan Fakultas Pertanian Universitas Malikussaleh, Aceh Utara dan labotarium BTKLPP (Balai Teknik Kesehatan Lingkungan dan Pengendalian Penyakit) Medan. Pelaksanaan penelitian pada Bulan Desember 2021 sampai Januari 2022.

Sterilisasi Alat dan Media Kultur

Sterilisasi dilakukan melalui pencucian wadah dan alat dengan sabun dan dibilas dengan air tawar hingga bersih. Selanjutnya, wadah dan alat disemprot dengan alkohol 70% dan dibiarkan kering. Wadah kultur yang digunakan adalah toples 5L sebanyak 12 unit dan bak beton berukuran 1×1×0,5 m sebanyak 12 unit. Sterilisasi media dilakukan dengan pemanasan pada suhu 75℃ selama 30 menit. Air tawar yang akan digunakan juga disterilisasi dengan metode yang sama.

Persiapan Media Air Limbah

Air limbah yang digunakan dalam penelitian tahap pertama, terlebih dahulu disaring menggunakan kertas saring hingga tidak terdapat materi padatan dan kekeruhan minimal pada media. Selanjutnya, media tersebut diencerkan dengan air tawar pada rasio 1:9 (Azhar *et al.*, 2017). Volume media air limbah yang digunakan dalam penelitian adalah 4L. Media limbah yang memberikan performa pertumbuhan *Chlorella* sp. terbaik akan digunakan pada tahap penelitian kedua dengan kombinasi cangkang tiram.

Kultivasi Mikroalga dalam Air Limbah

Pengkulturan *Chlorella* sp. dalam air limbah diawali dengan menyediakan air limbah sesuai dengan perlakuan sebanyak 3200 mL pada toples berkapasitas 5 liter. Selanjutnya, media diberi aerasi secara terus-menerus. Setelah media siap disediakan ke dalam toples, maka sebanyak 800 ml (20% starter) inokulum *Chlorella* sp. dimasukkan ke dalam toples dan dilakukan *sampling* awal untuk mengetahui kepadatan awal. Pemeliharaan *Chlorella* sp. dilakukan selama 7 (tujuh) hari dengan pencahayaan dan aerasi penuh selama 24 jam dengan menggunakan lampu TL 20 Watt (intensitas 2000 lux) (Harianja *et al.*, 2019). Kultivasi *Chlorella* sp. dalam media limbah cair dilakukan selama 10 hari (hanya 1 siklus hidup).

Parameter Pengamatan

Parameter pengamatan terdiri atas parameter kualitas air (suhu, pH, oksigen terlarut, BOD (*Biological Oxygen Demand*) dan nitrat serta fosfat), efisiensi penurunan materi organik, dan pertumbuhan mikroalga. Parameter kualitas air meliputi suhu, pH, dan oksigen terlarut diukur setiap hari menggunakan alat yakni termometer, pH meter, dan DO meter. Selanjutnya, BOD, nitrat dan fosfat dianalisis di laboratorium BTKLPP, Medan. Parameter pertumbuhan mikroalga diamati dengan menghitung kelimpahan sel setiap harinya menggunakan rumus:

$$\text{Kelimpahan sel (sel/ml)} = \frac{Jumlah\ sel\ yang\ dihitung}{Jumlah\ kotak} \times 25 \times 10^4$$

Analisis Data

Rancangan penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah Rancangan Acak Lengkap Non-Faktorial dengan faktor perlakuan adalah perbedaan jenis air limbah. Taraf perlakuan penelitian berjumlah 3 taraf dengan ulangan sebanyak 3 kali. Adapun taraf perlakuannya adalah A: Air limbah rumah tangga, B: Air limbah produksi tahu, C: Air limbah rumah pemotongan hewan. Data dianalisis menggunakan uji ANOVA one way. Kemudian, uji lanjut digunakan jika p-value< 0,05 menggunakan uji Tukey. Analisis data dikerjakan dengan menggunakan perangkat lunak SPSS versi 21 pada selang kepercayaan 95%.

HASIL

Parameter Kualitas Air Limbah

Pengukuran parameter kualitas air limbah meliputi suhu, pH, oksigen terlarut, BOD, nitrat, dan fosfat selama penelitian terhadap limbah rumah tangga, limbah rumah produksi tahu dan limbah rumah pemotongan hewan yang diterapkan fitoremediator *Chlorella* sp. Data parameter kualitas air limbah disajikan pada Tabel 1 dan 2 berikut ini.

Tabel 1. Nilai Parameter Kualitas Air Limbah

Jenis air limbah	Parameter		
	Suhu (°C)	pH	DO (ppm)
Limbah rumah tangga	25-27	7,4-7,8	5,2-7
Limbah rumah produksi tahu	25-27	7,5-7,8	5,7-7
Limbah rumah pemotongan hewan	25-28	7,4-7,8	5,8-7,2

Tabel 2. Nilai Awal dan Akhir Parameter Kimia Air Limbah

Parameter	Jenis air limbah					
	Limbah rumah tangga		Limbah rumah produksi tahu		Limbah rumah pemotongan hewan	
	Awal	Akhir	Awal	Akhir	Awal	Akhir
BOD (mg/L)	13,68	4,83	15,4	5,3	14,1	5
Nitrat (mg/L)	7,33	1,7	10,96	0,96	13,53	1,86
Fosfat (mg/L)	2,03	0,12	13,9	3,22	9,3	2,54

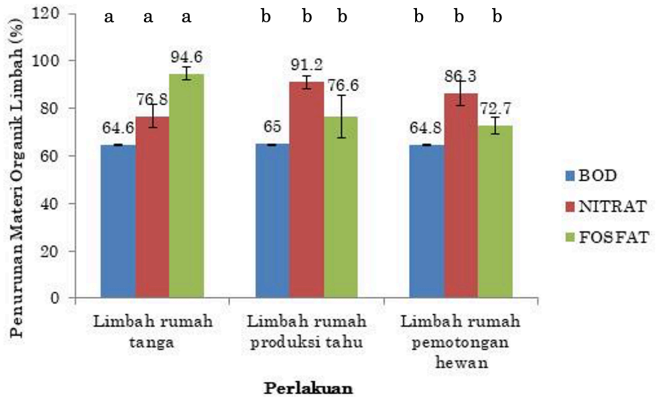
Berdasarkan tabel di atas, parameter suhu, pH, dan oksigen terlarut dari masing-masing air limbah berada pada kisaran yang optimal bagi hidup mikroalga dan mendukung dalam proses remediasi air limbah. Selanjutnya, parameter BOD, nitrat, dan fosfat pada media limbah mengalami penurunan konsentrasi akibat adanya *Chlorella* sp. yang dikultivasi di dalam media limbah tersebut.

Efisiensi Penurunan Materi Organik Air Limbah

Pengukuran parameter BOD, nitrat dan fosfat pada penelitian ini dilakukan sebanyak dua kali yaitu di awal dan akhir penelitian.

Tabel 3. Nilai Efisiensi Penurunan Materi Organik pada Air Limbah

Perlakuan	BOD (mg/L)			Nitrat (mg/L)			Fosfat (mg/L)		
	Awal	Akhir	Efisiensi	Awal	Akhir	Efisiensi	Awal	Akhir	Efisiensi
Limbah rumah tangga	13,68	4,83	64,6%	7,33	1,7	76,8%	2,03	0,12	94,6%%
Limbah rumah produksi tahu	15,4	5,3	65%	10,9	0,96	91,2%	13,9	3,22	76,6%
Limbah rumah pemotongan hewan	14,1	5	64,8%	13,5	1,86	86,3%	9,3	2,54	72,7%



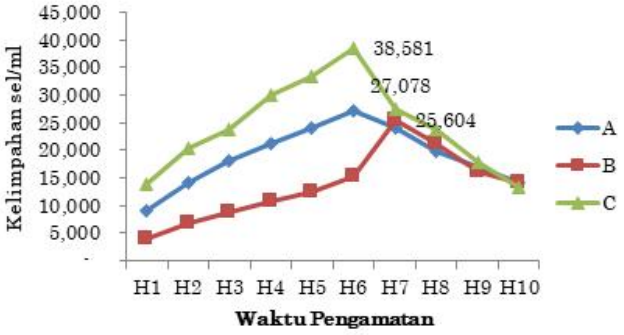
Gambar 1. Efisiensi Penurunan Materi Organik Beberapa Media Limbah

Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai efisiensi penurunan materi organik pada limbah rumah tangga pada parameter BOD sebesar 64,6%, nitrat 76,8% dan fosfat 94,6%. Limbah rumah produksi tahu mengalami efisiensi penurunan materi organik dengan nilai penurunan BOD 65%, nitrat 91,2% dan fosfat 76,6%. Selanjutnya, efisiensi penurunan materi organik pada limbah rumah pemotongan hewan adalah BOD sebesar 64,8%, nitrat 86,3% dan fosfat 72,7%. Penerapan *Chlorella* sp memberikan pengaruh terhadap nilai efisiensi penurunan parameter BOD, nitrat, dan fosfat (p-value<0,05).

Pertumbuhan Mikroalga *Chlorella* sp.

Kepadatan harian *Chlorella* sp. yang dikultivasi pada media limbah yang berbeda selama 10 hari adalah berbeda pada setiap perlakuan. Kurva pertumbuhan *Chlorella* sp. yang dikultivasi pada media limbah dapat dilihat pada Gambar 2 berikut.

Kurva pertumbuhan *Chlorella* sp. selama penelitian menunjukkan fase pertumbuhan dengan lama waktu yang bervariasi di setip fasenya. Fase pertumbuhan *Chlorella* sp. yang dapat diamati selama penelitian terdiri atas fase lag, fase eksponensial, fase stasioner, dan fase deklinasi. Deskripsi fase pertumbuhan *Chlorella* sp. selama penelitian adalah: Fase lag atau fase adaptasi berlangsung pada hari ke-1 sampai hari ke-2 selama periode kultivasi. Fase ini ditandai dengan peningkatan kepadatan sel *Chlorella* sp. yang sedikit dibandingkan hari berikutnya. Fase lag dari *Chlorella* sp. yang dikultivasi pada media limbah berbeda menunjukkan lama waktu yang sama.



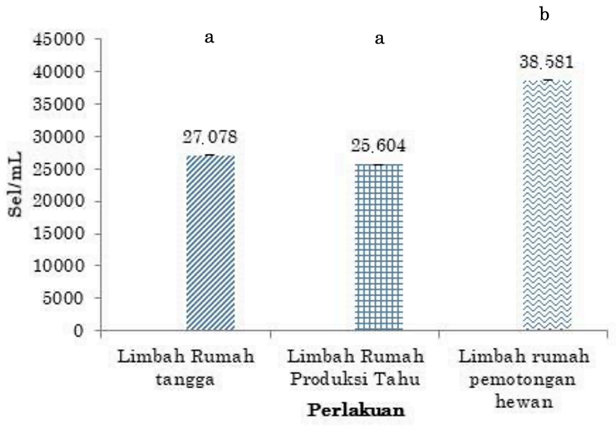
Gambar 2. Kurva Pertumbuhan *Chlorella* sp. yang Dikultivasi pada Media Limbah yang Berbeda. Keterangan: A Limbah rumah tangga, B Limbah rumah produksi tahu, C Limbah rumah pemotonggan hewan

Fase eksponensial *Chlorella* sp. ditandai dengan kepadatan sel yang meningkat tajam selama masa kultivasi. Fase ini berlangsung pada hari ke-3 sampai ke-6. Fase eksponensial dari *Chlorella* sp. yang dikutivasi pada media limbah rumah tangga dan limbah rumah pemotongan hewan dicapai dengan lama waktu yang sama, yakni hari ke-3 hingga hari ke-6. Selanjutnya, *Chlorella* sp. yang dikultivasi pada media limbah rumah produksi tahu menunjukkan fase eksponensial pada hari ke-3 hingga hari ke-7. Namun, peningkatan kepadatan sel *Chlorella* sp. pada media limbah rumah produksi tahu tidak signifikan tajam.

Fase stasioner *Chlorella* sp. selama penelitian terjadi pada hari ke-6 sampai ke-7 pada media limbah rumah tangga dan limbah rumah pemotongan hewan, serta hari ke-7 hingga ke-8 pada media limbah rumah produksi tahu. Fase ini ditandai dengan adanya penurunan kepadatan sel *Chlorella* sp. lebih rendah dari puncaknya, namun penurunan tersebut tidak tajam.

Fase deklinasi *Chlorella* sp. selama penelitian secara umum terjadi pada hari ke-8 sampai hari ke-10. Fase ini ditandai dengan penurunan kepadatan sel *Chlorella* sp. secara drastis.

Puncak populasi *Chlorella* sp. merupakan kepadatan sel tertinggi selama siklus hidupnya. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa puncak populasi *Chlorella* sp. tertinggi diperoleh dari limbah rumah pemotongan hewan, sedangkan puncak populasi terendah diperoleh dari kultivasi *Chlorella* sp. pada media limbah rumah produksi tahu. Grafik puncak populasi *Chlorella* sp. selama penelitian disajikan pada Gambar 3 berikut ini.



Gambar 3. Puncak Populasi *Chlorella* sp. pada Media Limbah yang Berbeda

Hasil penelitian menunjukkan bahwa puncak populasi *Chlorella* sp. tertinggi diperoleh pada media limbah rumah pemotongan hewan, yakni 38.581 sel/mL. Kepadatan sel *Chlorella* sp. yang menjadi puncak populasi diperoleh pada hari ke-6 dari periode kultivasi pada media limbah rumah tangga dan limbah rumah pemotongan hewan. Namun, kultivasi *Chlorella* sp. pada media limbah rumah produksi tahu menunjukkan puncak populasi pada hari ke-7. Hasil ini menunjukkan bahwa perbedaan media limbah mempengaruhi puncak populasi *Chlorella* sp ($p<0,05$).

PEMBAHASAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa parameter suhu, pH, dan oksigen terlarut dari masing-masing air limbah berada pada kisaran yang optimal bagi hidup mikroalga dan mendukung dalam proses remediasi air limbah. Selanjutnya, parameter BOD, nitrat, dan fosfat pada media limbah mengalami penurunan konsentrasi akibat adanya *Chlorella* sp. yang dikultivasi di dalam media limbah tersebut.

Suhu media limbah selama penelitian berkisar antara 25 – 28 °C. Nilai suhu tersebut merupakan suhu yang tepat untuk mendukung proses remediasi limbah oleh mikroalga. Suhu tidak melebihi 30°C dapat mendukung penyerapan materi oleh mikroorganisme terutama mikroalga. Hasil penelitian ini didukung oleh penelitian Silalahi *et al.* (2017) yakni penyerapan logam berat Cu^{2+} oleh mikroalga *Ankistrodesmus* sp, *Chlorella* sp., dan campuran keduanya menunjukkan penyerapan terbaik terjadi pada suhu 30 °C. Suhu 25 °C menghasilkan penyerapan Cu^{2+} yang lebih rendah dari suhu 30 °C. Namun, suhu 35 °C menunjukkan penyerapan Cu^{2+} yang jauh lebih rendah dari kedua suhu tersebut.

Tingkat keasaman (pH) dari media limbah berkisar pada nilai 7,4-7,8. Nilai pH ini merupakan pH optimal untuk pertumbuhan mikroalga dan penyerapan nutrien yang terkandung dalam media limbah bagi sel mikroalga. Menurut Primanandi & Effendi (2018), salah satu teknik biodegradasi yaitu biodekolorisasi limbah tekstil oleh mikroba berjalan efektif pada pH 7-8 di dalam reaktor.

Kandungan oksigen terlarut selama penelitian berada pada kisaran 5,2 – 7,2 ppm. Oksigen terlarut pada setiap media limbah yang digunakan ternyata berada pada kisaran optimum untuk pertumbuhan *Chlorella* sp. Pertumbuhan *Chlorella* sp. yang optimal ditandai oleh produktivitas yang tinggi dan aktivitas bioremediasi limbah cair juga sejalan dengan tingginya produktivitas. Hal ini sesuai dengan pernyataan Mufidah *et al.* (2017), nilai oksigen terlarut untuk pertumbuhan mikroalga adalah 4-8 mg/L. Selanjutnya, Halima *et al.* (2019) menyatakan bahwa kadar oksigen terlarut (DO) 3-5 mg/L menghasilkan produktivitas yang rendah, oksigen terlarut 5-7 mg/L memiliki produktivitas mikroorganisme yang tinggi dan di atas 7 mg/L produktivitasnya sangat tinggi.

Kandungan nitrat tertinggi ditunjukkan oleh media limbah cair rumah pemotongan hewan, yakni 13,53 mg/L. Selanjutnya, nilai fosfat tertinggi diperoleh dari media limbah cair rumah produksi tahu sebesar 13,9 mg/L. Nilai BOD tertinggi diperoleh pada media limbah cair rumah produksi tahu sebesar 15,4 mg/L. Tingginya nitrat pada media limbah cair pemotongan hewan disebabkan oleh kandungan larutan darah, protein, lemak, dan padatan terlarut dari hewan yang dipotong. Protein dan darah terdekomposisi hingga pada akhirnya membentuk nitrat. Pendapat ini sesuai dengan pendapat Kundu *et al.* (2013) bahwa limbah cair rumah pemotongan hewan mengandung larutan darah, protein, lemak, dan padatan tersuspensi yang menyebabkan tingginya bahan

organik dan nutrisi.

Penurunan materi organik pada masing-masing limbah dapat disebabkan oleh meningkatnya kelimpahan dari *Chlorella* sp. yang memanfaatkan materi organik dalam limbah tersebut untuk perkembangan dan pertumbuhannya. Hal ini sesuai dengan pendapat Yustanti (2020) bahwa penurunan materi organik terjadi karena mikroalga menggunakan nitrat dan fosfat untuk pertumbuhannya sedangkan BOD adalah jumlah oksigen terlarut yang diperlukan oleh mikroalga untuk mengurai bahan organik. Kartikasari *et al.* (2020) menambahkan bahwa penurunan nilai BOD pada limbah (limbah domestic) dapat dipengaruhi oleh pertumbuhan mikroalga yang dikultivasi.

Pertumbuhan mikroalga *Chlorella* sp. pada hasil penelitian ini menunjukkan siklus tahap kehidupannya, yang terdiri atas fase lag (hari ke 1-2 hari), fase eksponensial (hari ke 3-6 hari), fase stasioner (hari ke-7), dan fase deklinasi (hari ke-8). Menurut Mutmainah (2021), *Chlorella pyrenoidosa* yang dikultivasi di dalam media limbah cair tahu menunjukkan fase logaritmik atau eksponensial pada hari ke-3 hingga hari ke-6. Fase lag dari *Chlorella pyrenoidosa* pada media limbah cair tahu membutuhkan waktu selama tiga hari pertama dimana sel mengalami adaptasi dengan lingkungan medianya. Selanjutnya, *Chlorella pyrenoidosa* mengalami fase stasioner hingga kematian dimulai dari hari ke-6 hingga hari ke-12 masa pemeliharaan.

Kurva pertumbuhan pada Gambar 2 menunjukan bahwa pada media limbah rumah pemotongan hewan menghasilkan pertumbuhan *Chlorella* sp. yang lebih tinggi dibandingkan media limbah lainnya. Pertumbuhan tertinggi selanjutnya ditunjukkan oleh media limbah rumah tangga, dan terakhir oleh media limbah rumah produksi tahu. Berdasarkan hasil penelitian, kandungan nitrat dan fosfat media limbah rumah pemotongan hewan adalah 13,5 mg/L dan 9,3 mg/L. Kandungan nitrat dan fosfat di dalam medialimbah rumah pemotongan hewan ini menjadi sumber nitrogen dan fosfor sehingga dapat mendukung pertumbuhan *Chlorella* sp. lebih optimal.

Menurut Mufidah *et al.* (2017), *Chlorella* sp. dapat tumbuh optimal pada media yang mengandung cukup unsur hara. Unsur hara utama yang diperlukan *Chlorella* sp. dalam jumlah besar adalah karbon (C), nitrogen (N), fosfor (P), sulfur (S), natrium (Na), magnesium (Mg), dan kalsium (Ca). Selanjutnya, Widodo dan Ali (2019) menyatakan bahwa limbah cair rumah pemotongan hewan (RPH) mengandung bahan organik dengan konsentrasi tinggi, bahan koloid yakni protein, lemak, dan selulosa, serta padatan tersuspensi.

Tingginya populasi sel *Chlorella* sp. pada media limbah cair rumah pemotongan hewan disebabkan oleh tingginya kandungan nitrat, fosfat, dan bahan organik lain yang dibutuhkan oleh *Chlorella* sp. untuk berkembang biak dengan pembelahan sel. Penjelasan ini didukung oleh Aini *et al.* (2017) bahwa kadar BOD, TSS, COD, minyak dan lemak serta ammonia pada air limbah RPH (Rumah Pemotongan Hewan) sapi dan ayam berada di atas baku mutu air limbah.

Penelitian yang dilakukan oleh Singal & Budijono (2019), *Chlorella* sp. yang dikultivasi dalam 60% campuran limbah cair tahu dan RPH (rumah potong hewan) + 40% air gambut menunjukkan puncak populasi yang paling tinggi di antara perlakuan yang dilakukan. Puncak populasi dicapai pada hari ke-6 masa kultivasi dengan kepadatan sel mencapai 7,415 x 10^9 sel/L. Nutrien campuran limbah cair tahu dan RPH berpotensi memenuhi kebutuhan *Chlorella* sp. dalam siklus hidupnya.

KESIMPULAN

Penerapan *Chlorella* sp. efektif dalam menurunkan BOD, nitrat, dan fosfat pada media limbah rumah tangga, limbah rumah produksi tahu, dan limbah rumah pemotongan hewan yang berasal dari Aceh Utara. Oleh karena itu, *Chlorella* sp. berpotensi sebagai fitoremediator limbah cair yang berbeda. Selanjutnya, media limbah terbaik yang dapat mendukung pertumbuhan mikroalga *Chlorella* sp. adalah media limbah rumah pemotongan hewan dengan kurva pertumbuhan dan puncak populasi tertinggi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih penulis kepada Universitas Malikussaleh melalui LPPM Unimal yang telah mendanai penelitian dengan Dana Pendapatan Negara Bukan Pajak (PNBP) dalam Daftar Isian Pelaksanaan Anggaran (DIPA) Universitas Malikussaleh Tahun 2022 dengan nomor kontrak 84/PPK-2/SPK-JL/2022. Selanjutnya, terima kasih juga diucapkan penulis kepada Fakultas Pertanian dan Program Studi Akuakultur Universitas

Malikussaleh atas dukungannya dalam menyelesaikan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

Aini. (2017). Studi Pendahuluan Cemaran Air Limbah Rumah Potong Hewan di Kota Mataram. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, *15*(1), 42–48. doi: 10.14710/jil.15.1.42-48

Azhar, A. (2017). Integrasi Bioremediasi Limbah Peternakan Sapi dan Kultivasi Mikroalga Chlorella vulgaris dan Chlorella pyrenoidosae. *Jurnal Katalisator*, *2*(2), 67–78. doi: 10.22216/jk.v2i2.2127

Chekroun, K. Ben, & Baghour, M. (2013). The Role of Algae in Phytoremediation of Heavy Metals: A Review. *Journal Materials Environmetal Science*, *4*(6), 873–880.

Dewi, A., & Junianto. (2021). Effect of Microalgae Chlorella sp. as a Phytoremediation Agent in Lowering Wastewater Pollutant Levels. *Global Scientific Journal*, *9*(4), 446–450.

Fitri, W. E. (2021). Bioremediasi Logam Berat Pb (II) dan Cu (II) pada Air Lindi Menggunakan Chlorella vulgaris. *Dalton: Jurnal Pendidikan Kimia Dan Ilmu Kimia*, *4*(1), 58–69. doi: 10.31602/dl.v4i1.4877

Hadiyanto, H. et al. (2012). Cultivation of Chlorella sp. as Biofuel Sources in Palm Oil Mill Effluent (POME). *International Journal of Renewable Energy Development*, *1*(2), 45–49. doi: 10.14710/ijred.1.2.45-49

Halima, A. (2019). Potential Microalga Chlorella vulgaris for Bioremediation of Heavy Metal Pb. *Asian Journal of Aquatic Sciences*, *2*(3), 224–234. doi: 10.31258/ajoas.2.3.224-234

Harianja, D. C. N. (2019). Kultivasi Mikroalga Chlorella sp. Secara Fed-Batch dalam Media POME sebagai Bahan Baku Bioetanol. *Jom Fteknik*, *6*(2), 1–5.

Irfannur, & Khairan. (2021). Analisis parameter fisika kimia kualitas perairan di Sungai Krueng Mane Aceh Utara. *Arwana: Jurnal Ilmiah Program Studi Perairan*, *3*(1), 16–23. doi: 10.51179/jipsbp.v3i1.450

Kartikasari, I. B. (2020). Efektivitas COD dan BOD pada Pengolahan Mikroalga dengan Penambahan CO2 pada Limbah Domestik. *Seminar Nasional Teknologi Industri Hijau*, 62–69.

Kundu, P. et al. (2013). Treatment of Slaughter House Wastewater in a sequencing Batch Reactor, Performance evaluation and Biodegradation Kinetics. *BioMed Research International*, 1–11. doi: 10.1155/2013/134872

Mufidah, A. (2017). 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. doi: 10.20473/jafh.v7i2.11246

Muria, S. R. et al. (2020). Pemanfaatan Mikroalga Chlorella sp. untuk Pengolahan Palm Oil Mill Effluent (POME) Secara Fed Batch. *Jurnal Sains Dan Teknologi*, *19*(1), 7–12.

Muthmainah, F. (2021). Pertumbuhan Chlorella pyrenoidosa dalam Berbagai Konsentrasi Limbah Cair Industri Tahu. *Unbara Environmental Engineering Journal*, *1*(2), 1–7. doi: 10.54895/ueej.v1i02.725

Primanandi, D., & Effendi, A. J. (2018). Kinetika Pertumbuhan Bakteri pada Bioremediasi Tanah Tercemar Limbah Tekstil dengan Teknik Forced-Aerated Static Pile Studi Kasus: Lahan Sawah Rancaekek. *Jurnal Teknik Lingkungan*, *24*(1), 1–14. doi:10.5614/j.tl.2018.24.1.1

Silalahi, M. D. (2017). Biosorpsi Logam Berat Tembaga (Cu2+) dalam Air Limbah Industri Lapis Listrik oleh Kultur Campuran Mikroalga Air Tawar Teramobilisasi. *Jurnal Penelitian Dan Karya Ilmiah Lemlit*, *2*(1), 1–7.

Singal, C. L., & Budijono. (2019). Kultur Mikroalga Chlorella sp. dalam Media Air Gambut yang Diperkaya dengan Nutrien Campuran Limbah Cair Organik. *Seminar Nasional Pelestarian Lingkungan*, 668–673.

Soeprobowati, T. R., & Hariyati, R. (2013). *Potensi Mikroalga Sebagai Agen Bioremediasi dan Aplikasinya dalam Penurunan Konsentrasi Logam Berat Pada Instalasi Pengolahan Air Limbah Industri*.

Widodo, A. A., & Ali, M. (2019). Biokonversi Bahan Organik pada Limbah Cair Rumah Pemotongan Hewan Menjadi Energi Listrik Menggunakan Microbial Fuel Cell. *Jurnal Envirotek*, *11*(2), 30–37. doi: 10.33005/envirotek.v11i2.4

Yustanti, M. (2020). *Potensi Mikroalga Dari Sungai Sabi Tangerang Sebagai Agen Bioremediasi Pencemaran Air*. Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah.